И. В. ВАСИЛЬЕВ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ГОНТИ НКТП СССР 1938

ПРОЛЕТАРИИ ВСЕХ СТРАН, СОЕДИНЯЙТЕСЬ!

И. В. ВАСИЛЬЕВ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
РЕДАКЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1938 ЛЕНИНГРАД

ЭЭ-20-3-3

Пр. ТКК № 15 от 5/IV 1938 г.

Редактор инж. *Н. В. Виноградов и А. Д. Смирнов.*
Техредактор *А. Д. Чаров.*
Корректор *О. В. Гинце.*

ОПЕЧАТКИ

Стр.	*Строка*	*Напечатано*	*Должно быть*	*По чьей вине*
45	6 и 7 сверху	93 и 94	79 и 80	авт.
59	10 сверху	машины	ламели	„
73	13 сверху	148	128	„
89	16 снизу	иногда	тогда	корр.
101	3 сверху	181	176	авт.
108	фиг. 195	162	163	„

Васильев. — Ремонт электр. машин.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ремонт электрических машин, установленных в мелких промышленных предприятиях, часто производится кустарными способами и поручается недостаточно квалифицированному персоналу. В результате получается низкое качество ремонта и иногда выход из строя только что отремонтированных машин. Это нарушает нормальную работу предприятий и приводит к большим убыткам, связанным с невыполнением производственных планов. Поэтому вопросы правильного выполнения ремонта и обеспечения высокого качества ремонтных работ имеют большое значение для народного хозяйства.

Грамотный подход к машине, т. е. умение предупредить порчу, правильно определить причины неисправности, знание способов нахождения неисправности и, наконец, надежный способ ремонта является необходимым условием, которым следует руководствоваться монтеру, имеющему дело с машинами.

Учитывая это, автор по возможности старался не упускать из вида допускаемые в практике ремонта машин ошибки и поделиться своим опытом.

Книга предназначается в первую очередь для монтеров средней и высшей квалификации.

О всех замеченных недостатках книги автор просит сообщить по адресу: Москва, Лефортово, Красноказарменная ул. 13. Главная редакция энергетической литературы.

Автор

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ЯКОРНЫЕ ОБМОТКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Электрические машины делятся на генераторы и двигатели.

Генератор — это машина, которая вращается посредством какого-либо двигателя и дает электрический ток. Двигатель — это машина, которая питается электрическим током от сети и производит механическую работу. Одна и та же машина постоянного тока может работать и в качестве генератора и в качестве двигателя.

Электрическая машина постоянного тока имеет две обмотки: неподвижную, создающую магнитное поле, и вращающуюся якорную обмотку, в которой индуктируется электродвижущая сила (э. д. с.).

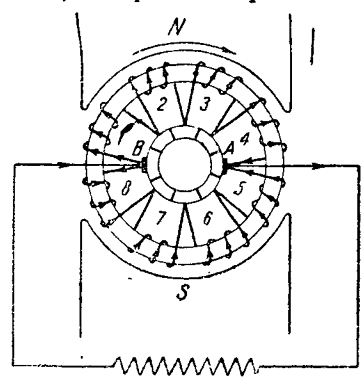
Из курса электротехники известно, что если проводник перемещается в магнитном поле, пересекая магнитные силовые линии, то в нем индуктируется э. д. с., а если проводник замкнуть, то по нему потечет ток.

Направление индуктированной э. д. с. определяется по правилу правой руки следующим образом: если расположить правую руку в магнитном потоке так, чтобы магнитные линии были направлены в ладонь, а отогнутый большой палец был направлен в сторону движения проводника, то направление вытянутых остальных пальцев укажет направление индуктированной в проводнике э. д. с. и индуктированного тока.

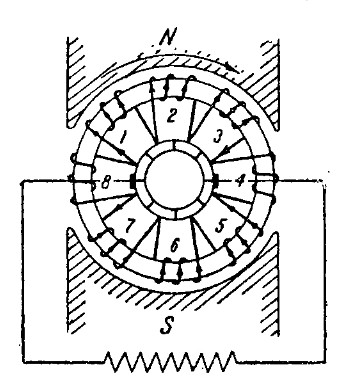
Иллюстрацией к этому правилу может служить фиг. 1, причем следует помнить, что силовые линии мы предполагаем выходящими из северного полюса (N) и входящими в южный (S). Как видно из схемы, токи в проводниках, находящихся в данный момент под северным полюсом, имеют одно направление, а в проводниках, находящихся

над южным полюсом,— обратное направление. Таким образом при вращении якоря ток в каждом проводнике меняет свое направление два раза в течение одного оборота якоря. Для получения во внешней цепи тока постоянного направления служит коллектор.

Обозначив направление э. д. с. стрелками, мы увидим, что к пластине *A* токи сходятся из обмотки, а через пластину *B* возвращаются в обмотку. В этих местах ставят щетки, которые собирают ток и отводят его во внешнюю цепь.



Фиг. 1. Схема кольцевой обмотки.



Фиг. 2. Схема обмотки в момент замыкания щетками накоротко двух секций.

Эта же схема представлена на фиг. 2 с той лишь разницей, что якорь повернут на некоторый угол, так что каждая щетка замыкает накоротко по одной секции (восьмую и четвертую), которые в данный момент не участвуют в создании э. д. с. якоря, являясь как бы выключенными из общей цепи. Однако при достаточном числе коллекторных пластин сколько-нибудь заметного колебания э. д. с. не происходит, потому что короткозамкнутые секции находятся в нейтральной зоне, где э. д. с. очень мала.

Общая э. д. с., развиваемая якорем, равна сумме э. д. с., индуктируемых в проводниках одной ветви, а общий якорный ток равен сумме токов, протекающих по каждой ветви.

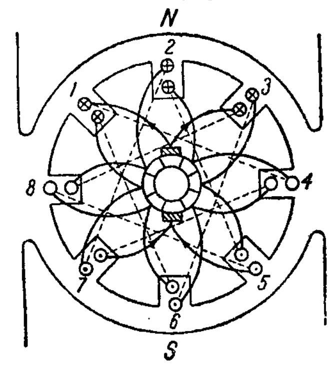
Рассмотренная нами обмотка носит название кольцевой и в современных машинах не применяется, так как имеет ряд недостатков.

2. ДВУХПОЛЮСНАЯ БАРАБАННАЯ ОБМОТКА

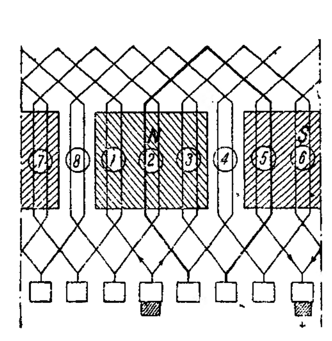
В настоящее время применяется исключительно барабанная якорная обмотка, представляющая собой систему проводников, заложенных в пазы якоря. Якорь собран из

железных листов толщиной 0,5 *мм*, изолированных друг от друга бумажными прослойками или пленкой лака. Характерная особенность барабанной обмотки состоит в том, что в ней стороны одного и того же витка находятся под разными (смежными) полюсами.

Схема обмотки изображена на фиг. 3 и 4. Здесь и в последующих изображениях схем кружками, расположенными на цилиндрической поверхности якоря, обозначены сечения проводников. Крестик в кружке обозначает направление тока, уходящего от зрителя вглубь чертежа, а



Фиг. 3. Схема обмотки якоря с пазами.



Фиг. 4. Схема обмотки в развернутом виде.

точка в кружке — ток, выходящий из-за плоскости чертежа Пунктирными линиями обозначены соединения на задней стороне якоря — со стороны шкива, а сплошными — на передней, т. е. со стороны коллектора.

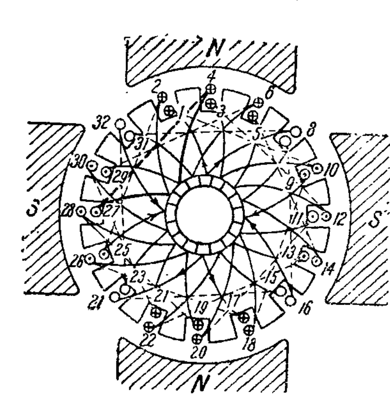
Места расположения щеток на коллекторе определяются так же, как и в кольцевой обмотке, согласно направлению токов в проводниках. Однако в данном случае щетки касаются тех пластин, которые расположены не между полюсами, как это было в кольцевой обмотке, а посредине полюса, потому что в барабанных обмотках каждый проводник по выходе из паза якоря изгибается на половину полюсного деления. Таким образом конец проводника, лежащего в пазу, находящемся между полюсами, припаивается к коллекторной пластине, расположенной против полюса

3. МНОГОПОЛЮСНАЯ ПЕТЛЕВАЯ ОБМОТКА

Машины, имеющие число полюсов более двух, т. е. четыре, шесть, восемь и т. д., называются многополюсными[1].

[1] Дополнительные полюса, которые легко распознаются по своим меньшим размерам относительно главных, в счет не идут.

В многополюсной машине полярность полюсов чередуется, а обмотка якоря осуществляется таким образом, что одна сторона секции приходится под одним полюсом, а другая под соседним, как показано на фиг. 5 и 6.

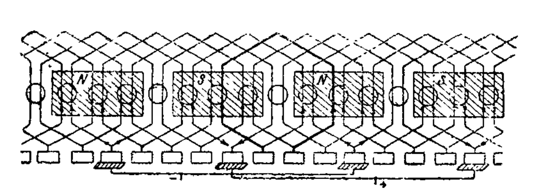


Фиг. 5. Петлевая четырехполюсная обмотка.

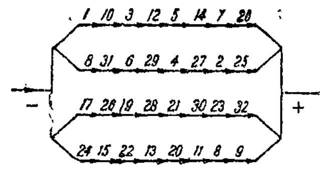
Схема соединения с коллектором (фиг. 6) имеет форму петли, поэтому такая обмотка называется **петлевой**.

Число параллельных ветвей обмотки равно числу полюсов, что видно из упрощенной схемы (фиг. 7), поэтому петлевые обмотки называются также **параллельными**.

Шаг обмотки. Количество зубцов, охватываемое секцией, называется шагом обмотки по якорю или зубцовым шагом. Он должен быть примерно равен полюсному делению, т. е. расстоянию между серединами соседних полюсов. Для определения зубцового шага число якорных пазов делят на число полюсов; полученное частное и принимают за шаг по якорю.



Фиг. 6. Схема четырехполюсной петлевой обмотки в развернутом виде, 16 пазов, 16 пластин.



Фиг. 7. Упрощенная схема обмотки, соответствующая фиг. 6.

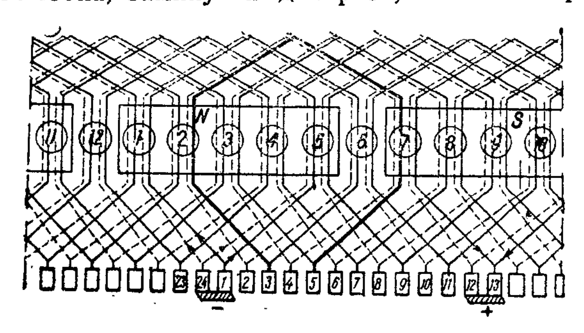
В обмотке, изображенной на фиг. 5, шаг по якорю равен $\frac{16}{4} = 4$. Если число пазов не делится без остатка на число полюсов, то за шаг принимается ближайшее целое число. Так, например, при 35 пазах и четырех полюсах имеем $\frac{35}{4} = 8{,}75$, где ближайшее целое число 9 и секция должна быть уложена в пазы 1—10.

В обыкновенных петлевых обмотках начало и конец секции присоединяются к двум смежным пластинам. В этом случае шаг по коллектору $I_к$, т. е. количество промежутков между пластинами (фиг. 7) равно единице.

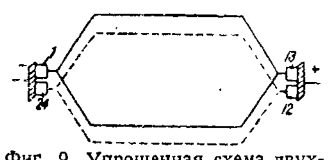
4. МНОГОКРАТНАЯ ПЕТЛЕВАЯ ОБМОТКА

В простой петлевой обмотке число параллельных ветвей равно числу полюсов. Но если сделать коллекторный шаг $I_к$ равным двум, то число параллельных ветвей соответственно увеличится в два раза и обмотка будет называться двухкратной.

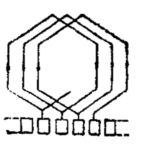
На фиг. 8 представлена схема двухполюсной двухкратной обмотки, в которой, как видно из упрощенной схемы фиг. 9, имеется четыре ветви. В данном случае получилась обмотка, замкнутая два раза, иначе говоря, мы имеем как



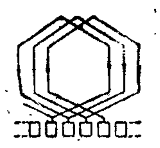
Фиг. 8. Схема двухкратной обмотки.



Фиг. 9. Упрощенная схема двухкратной обмотки, соответствующая фиг. 8.



Фиг. 10. Обмотка с правым ходом.



Фиг. 11. Обмотка с левым ходом.

бы две самостоятельные обмотки, из которых одна имеет соединения с нечетными пластинами (сплошные линии), а другая соединена с четными пластинами коллектора (пунктирные линии). Количество пластин, перекрываемых щеткой, при двухкратных обмотках должно быть не менее двух.

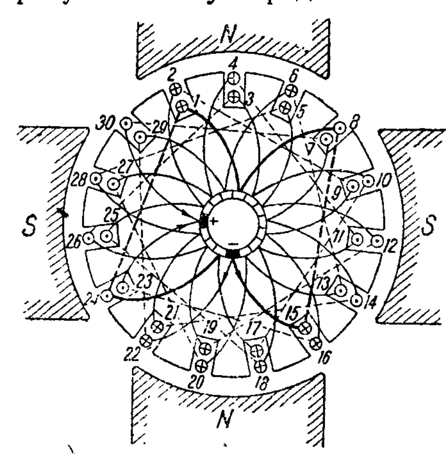
Такие обмотки можно встретить в машинах, построенных на большую силу тока.

5. ОБМОТКИ С ПРАВЫМ И ЛЕВЫМ ХОДОМ

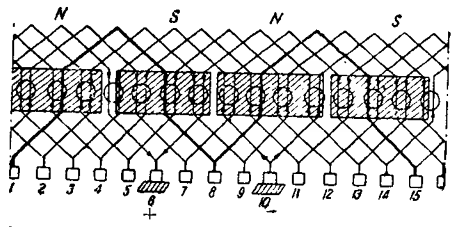
Петлевые обмотки обычно делаются с правым ходом, т. е. такими, при которых, обходя по схеме обмотки, мы будем передвигаться по коллектору в направлении вращения часовой стрелки (фиг. 10). Обмотка, представленная на фиг. 11, имеющая левый ход, называется также перекрещен-

ной обмоткой; однако такая обмотка применяется редко, так как требует повышенного расхода меди.

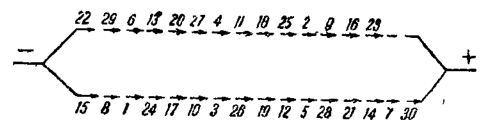
Возникает вопрос, что произойдет с машиной, если правую обмотку переделать на левую. В этом случае якорь переменит направление вращения на обратное, а при наличии дополнительных полюсов последние получат неправильную полярность (обратную). Восстановить прежнее нормальное положение посредством одного только пересоединения на зажимах машины нельзя, так как хотя направление вращения при этом и переменится, но дополнительные полюса будут все же иметь обратную полярность. Следовательно, необходимо пересоединить также и их, или же, не делая никаких пересоединений, повернуть траверсу со щетками на одно полюсное деление, благодаря чему одновременно меняется и направление вращения якоря и полярность дополнительных полюсов.



Фиг. 12. Волновая последовательная обмотка, 15 пазов.



Фиг. 13. Схема волновой последовательной обмотки в развернутом виде.



Фиг. 14. Упрощенная схема, соответствующая фиг. 13.

6. ВОЛНОВАЯ (ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ) ОБМОТКА

Кроме рассмотренных нами петлевых (параллельных) обмоток весьма распространены так называемые волновые или последовательные обмотки.

Волновая обмотка, изображенная на фиг. 12 и 13, отличается от петлевой, во-первых, тем, что она при любом числе полюсов имеет только две параллельные ветви, как это видно из упрощенной схемы фиг. 14, во-вторых, проводники каждой ветви в петлевой обмотке находятся под

одной только парой полюсов, а в последовательной проводники каждой ветви расположены под всеми полюсами. Волновой она называется потому, что схема соединения с коллекторами напоминает форму волны. При всех прочих равных условиях (одинаковы: число якорных проводников, скорость вращения, магнитные поля и др.) в последовательной обмотке э. д. с. в два раза больше, чем в петлевой, потому что на одну ветвь приходится в два раза больше проводников. Но сила тока в якоре с последовательной обмоткой меньше в два раза, так как число параллельных ветвей соответственно меньше.

Шаг по якорю. Шаг по якорю, т. е. число зубцов, обхватываемое секцией при последовательной обмотке, выбирается так же, как и в петлевой.

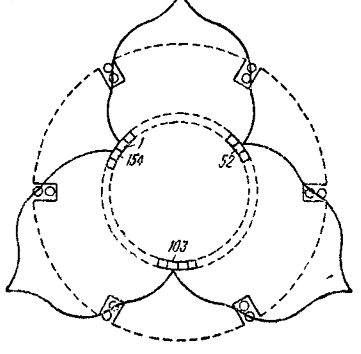
Шаг по коллектору. В последовательной обмотке шаг по коллектору, т. е. число промежутков между пластинами, с которыми соединяются начало и конец секции, определяется по формуле

$$I_к = \frac{k \pm 1}{p},$$

где $I_к$ — шаг,

k — число пластин,

p — число пар полюсов.



Фиг. 15. Схема шестиполюсной последовательной обмотки.

В числителе имеются два знака (+) и (—); нужно применить тот из них, при котором числитель разделится на p без остатка.

Пример. Коллектор имеет 154 пластины, число полюсов равно 6. Чему равен шаг $I_к$ для последовательной обмотки.

Имеем:

$$k = 154, \; p = \frac{6}{2} = 3.$$

Если применить знак плюс, то получим

$$I_к = \frac{154+1}{3} = \frac{155}{3} = 51^2/_3,$$

но шаг (число промежутков) может исчисляться только целыми числами, поэтому плюс (+) непригоден.

Применив знак минус, получим

$$I_к = \frac{154-1}{3} = 51.$$

Для проверки правильности подсчитанного нами шага, начнем построение схемы обмотки (фиг. 15) из пластины № *1*, в которую заложено

начало секции и будем записывать номера тех коллекторных пластин, через которые придется пройти при обходе один раз по окружности якоря, прибавляя к иомеру пластины число, определяющее шаг по коллектору (51):

$$1 + 51 = 52,$$
$$52 + 51 = 103,$$
$$103 + 51 = 154.$$

Таким образом, начав обход с пластины *№ 1* и обойдя обмотку по окружности якоря один раз, мы подошли к последней пластине, т. е. к стоящей рядом с исходной. Это и является обязательным условием для выполнения последовательной обмотки.

Может случиться, что при некотором числе пластин в шестиполюсной обмотке при подсчете шага придется применить в числителе знак (+), тогда при обходе обмотки придем в пластину *№ 2*, т. е. сделаем сдвиг по коллектору вправо (правая обмотка).

Так, например, при $k = 155$ и $p = 3$ получим

$$I_к = \frac{155 + 1}{3} = \frac{156}{3} = 52.$$

Поверка:

$$1 + 52 = 53,$$
$$53 + 52 = 105,$$
$$105 + 52 = 157.$$

Вычтя из полученного числа 157 число пластин коллектора 155, увидим, что номер 157 соответствует пластине *№ 2*. Следовательно, шаг верен.

В четырехполюсной обыкновенной последовательной обмотке число коллекторных пластин всегда бывает нечетное, поэтому в формуле

$$I_к = \frac{k \mp 1}{p} = \frac{k \mp 1}{2}$$

применимы и (—) и (+), с той лишь разницей, что при (—) будет левая обмотка, а при (+) правая.

У некоторых якорей с четырехполюсной последовательной обмоткой один из проводников верхнего и нижнего ряда концов не присоединяется к коллектору („мертвый виток"). Это делается в тех случаях, когда количество концов секций в якоре четное, в то время как количество коллекторных пластин должно быть нечетное. Например, обмотка состоит из 41 секции, а каждая секция намотана в 4 проводника, т. е. общее количество концов равно $4 \times 41 = 164$. Поэтому при количестве коллекторных пластин, равном 163, один из концов лишний и не соединяется с коллектором, а обрезается.

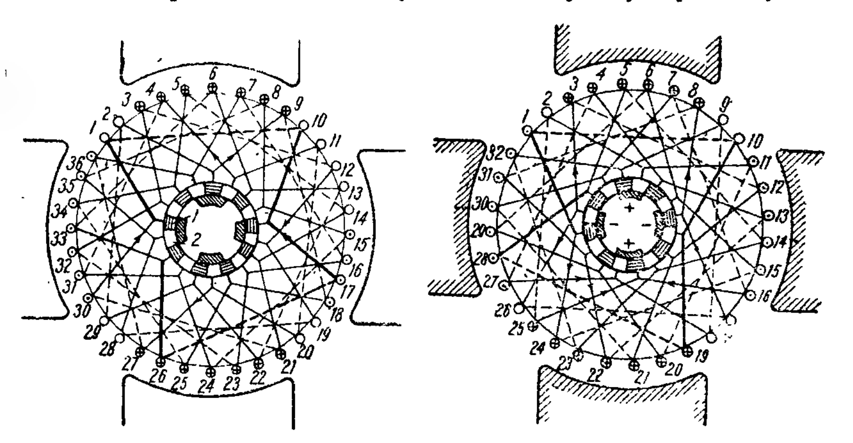
7. ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ОБМОТКА

В последовательной обмотке, как уже говорилось, число параллельных ветвей равно двум, поэтому по каждой ветви протекает половина якорного тока. Таким образом если

от якоря требуется 800 a, то каждая ветвь должна быть рассчитана на 400 a. Но такой большой ток требует массивных проводов, следовательно, обмотка с двумя параллельными ветвями в данном случае непригодна.

Для увеличения числа параллельных цепей у последовательной обмотки применяются параллельно-последовательные обмотки.

На фиг. 16 изображена схема четырехполюсной параллельно-последовательной обмотки на 4 ветви. Если сравнить ее с обыкновенной последовательной обмоткой, представленной на фиг. 13 и 14, то увидим следующую разницу:



Фиг. 16. Параллельно-последовательная обмотка, замкнутая два раза (К и У имеют общий делитель 2).

Фиг. 17. Параллельно-последовательная обмотка.

В последовательной обмотке, начав обход обмотки от пластины № 1 и обойдя один раз окружность якоря, мы приходим к соседней пластине, а в параллельно-последовательной приходим к пластине, находящейся на расстоянии двух делений (промежутков) от исходной пластины. Продолжая обход обмотки, мы будем попадать только в нечетные (заштрихованные) пластины и возвратимся к пластине № 1.

Таким образом мы получим (пока) обыкновенную последовательную обмотку, которая имеет две параллельные ветви и в которой участвует половина всех якорных проводников. Другую половину проводников и четные пластины мы обойдем, если начнем обход от пластины № 2 в том же направлении. Это будет как бы вторая обмотка, состоящая также из двух ветвей, которая посредством щеток соединена с первой параллллельно, а в целом по-

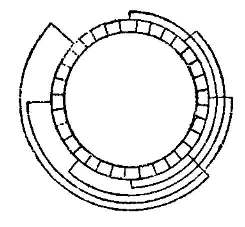
лучилась параллельно-последовательная обмотка, имеющая четыре ветви.

В данном случае получилась якорная обмотка, замкнутая два раза, но при некотором другом числе пластин коллектора может получиться обмотка, которая будет замыкаться только один раз, как показано на фиг. 17. Это происходит потому, что в первом случае (фиг. 16) число коллекторных пластин и шаг по коллектору имели общий делитель 2 ($k=18$, $I_к=8$), а во втором (фиг. 17) не имеют общего делителя ($k=16$ пластин, а $I_к=9$).

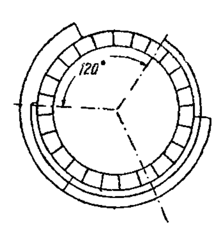
Последовательно-параллельные обмотки применяются в многополюсных машинах, у которых простая волновая обмотка приводит к недопустимо большой силе тока в одной ветви якоря, а применение петлевой обмотки создает слишком большое число параллельных ветвей.

8. УРАВНИТЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Вследствие прогиба вала и изнашивания подшипников зазор между якорем и различными полюсами не может быть совершенно одинаков. Магнитный поток полюсов, расположенных ближе к якорю, увеличивается, а следовательно, увеличивается и э. д. с. в расположенных под ними проводниках.



Фиг. 18. Уравнительные соединения при четырехполюсной обмотке.



Фиг. 19. Уравнительные соединения у шестиполюсной обмотки

В случае последовательной обмотки эти проводники принадлежат к обеим ветвям обмотки, поэтому неравенство э. д. с. в отдельных ветвях исключается.

Иное дело в петлевой обмотке, в которой проводники, расположенные под одной парой полюсов, принадлежат только к одной ветви. В таком случае получаются неравные э. д. с. в отдельных ветвях и благодаря этому появляются выравнивающие токи, которые протекают по обмотке, замыкаясь через щетки, и вызывают искрение под щетками.

Чтобы направить выравнивающие токи по другому пути (помимо щеток), применяются уравнительные соединения, представляющие собой провода, которые соединяют между собой точки одинакового потенциала. Эти точки находятся на расстоянии двухполюсного деления и в четырехполюсной обмотке они диаметрально противоположны (фиг. 18), а в

шестиполюсной находятся на расстоянии $^1/_3$ окружности якоря (фиг. 19).

Проводники, служащие уравнительными соединениями, имея сопротивление меньше, чем переходное сопротивление щеток, принимают на себя почти весь выравнивающий ток.

Практически уравнительные соединения выполняются у малых машин посредством припайки особых проводников к соответствующим коллекторным пластинам, а у больших машин соединения делаются на лобовой части обмотки со стороны шкива.

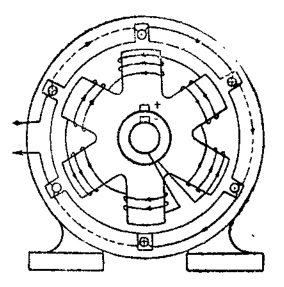
С увеличением числа уравнительных соединений действие их становится более эффективным. При небольшом количестве соединений роль последних у малых машин выполняют якорные бандажи, к которым припаяны соответствующие якорные проводники.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ОБМОТКИ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

9. ОДНОФАЗНЫЙ ГЕНЕРАТОР

Как было сказано в § 1, коллектор служит для выпрямления тока. Поэтому генераторы переменного тока не имеют коллектора. Кроме того, в генераторах переменного тока обычно вращающейся частью являются полюса, а обмотка, в которой индуктируется э. д. с., неподвижна. Вращающаяся часть называется ротором или индуктором, а неподвижная — статором. Схема устройства генератора переменного тока изображена на фиг. 20. На роторе расположены два кольца, по которым скользят две неподвижные щетки, служащие для подвода тока в обмотки полюсов. В статоре имеются пазы, куда закладываются проводники, составляющие обмотку. Переменный ток отличается от постоянного тем, что он изменяется по величине и направлению. Это изменение происходит следующим образом: величина тока от нуля увеличивается до своего наибольшего значения, затем понижается до нуля, начинает протекать таким же образом в обратном направлении и снова падает до нуля. Время, в течение которого переменный ток совершает все эти изменения, называется периодом. При двухполюсном генераторе, очевидно, число периодов в секунду соответствует



Фиг. 20. Схема устройства однофазного генератора переменного тока.

числу оборотов в минуту индуктора, деленному на 60. А при любом числе полюсов выражается формулой:

$$f = \frac{p \cdot n}{60},$$

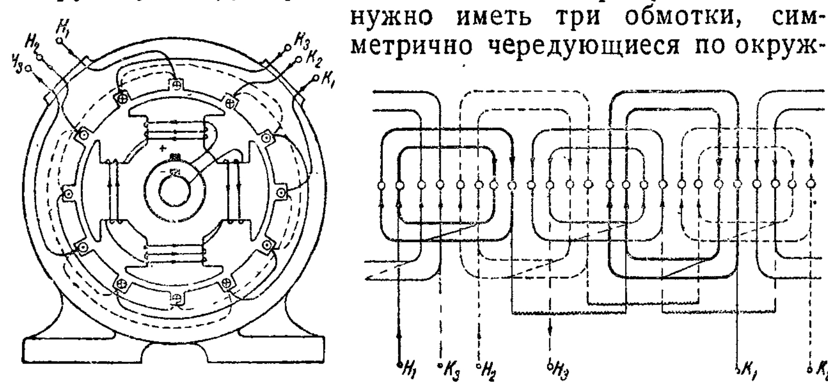
где f — частота переменного тока (число периодов в секунду), p — число пар полюсов, n — число оборотов в минуту.

Стандартная частота переменного тока составляет 50 периодов в секунду.

10. ТРЕХФАЗНЫЙ ГЕНЕРАТОР. КАТУШЕЧНЫЕ И СЕКЦИОННЫЕ ОБМОТКИ

Наибольшее распространение в технике имеет трехфазный ток.

Трехфазный ток образуется из трех однофазных токов, у которых начала периодов сдвинуты одно по отношению к другому на 1/3 периода. Для создания трехфазного тока нужно иметь три обмотки, симметрично чередующиеся по окружности статора. В трехфазной обмотке сумма токов всех трех фаз в каждый момент равна нулю. Шесть концов трехфазной обмотки соединяются между собой треугольником или звездой (фиг. 159) и в линию идут только три провода. Для получения однофазного тока от линии трехфазного тока надо приключиться к любой паре проводов.



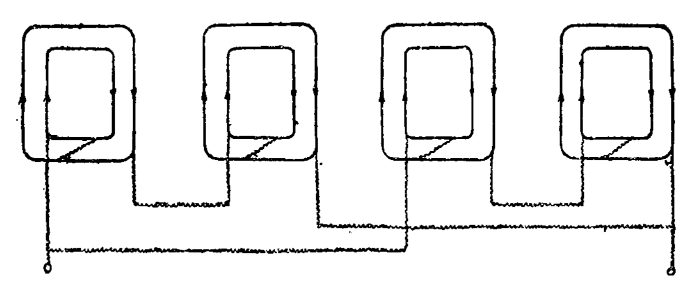
Фиг. 21. Схема устройства трехфазного четырехполюсного генератора.

Фиг. 22. Однослойная катушечная обмотка статора, 24 паза, 4 полюса.

Схема устройства трехфазного генератора показана на фиг. 21, а на фиг. 22 показана схема обмотки статора.

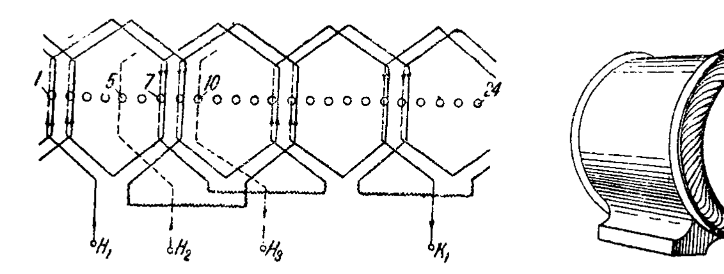
Все катушки в отдельных фазах обычно соединяются между собой последовательно, но встречаются также обмотки, у которых катушки соединены между собой или

параллельно или по схеме, изображенной на фиг. 23 (смёшанное соединение). В последнем случае при всех прочих равных условиях генератор даст напряжение в два раза меньше, а силу тока в два раза больше, чем при последовательном соединении катушек.



Фиг. 23. Смешанное соединение статорных катушек (одна фаза).

Обмотка, представленная на фиг. 22, выполнена из катушек, имеющих разную длину лобовых частей, и называется катушечной обмоткой (обычно мотается вручную непосредственно на статоре).



Фиг. 24. Двухслойная петлевая трехфазная обмотка, 4 полюса, 24 паза.

Фиг. 25. Вид статора с двухслойной обмоткой.

Обмотка, которая выполнена из заранее заготовленных секций, имеющих одинаковые форму и размеры, называется секционной.

В последнее время катушечная обмотка вытесняется двухслойной секционной (американской) обмоткой (фиг. 24), у которой в каждом пазу помещаются по две стороны разных секций. Статор с обмоткой, выполненной таким способом, показан на фиг. 25.

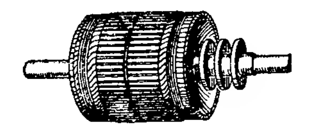
Двухслойные обмотки делаются обычно с укороченным шагом. При укороченном шаге лобовая часть обмотки занимает меньше места, следовательно, сокращаются акси-

альные размеры машины и уменьшается вес меди, и кроме того, укорочение шага дает некоторые преимущества в отношении электрических свойств машины.

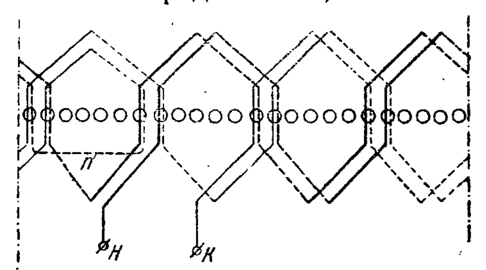
11. ТРЕХФАЗНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ. РОТОРНЫЕ ОБМОТКИ

Среди двигателей переменного тока наибольшее распространение имеют **трехфазные асинхронные двигатели.**

Двигатели малой мощности могут быть построены с короткозамкнутым ротором. Более мощные моторы имеют роторы с фазовой обмоткой. Статор двигателя, а также и схема обмотки его, ничем не отличается от статора генератора. Что касается ротора,



Фиг. 26. Ротор с контактными кольцами (фазовый).



Фиг. 27. Схема волновой обмотки ротора.

то он подобен якорю машины постоянного тока, но вместо коллектора имеет три кольца (фазовый ротор), как показано на фиг. 26, а у двигателей с короткозамкнутым ротором нет колец.

Как известно, обмотка ротора не присоединяется к сети и поэтому она может быть сделана на любое напряжение. При большой силе тока в роторе применяется стержневая обмотка. Она делается так, что в каждый паз помещаются по два стержня. Один из них представляет собой нижнюю сторону одного витка, а другой — верхнюю сторону другого витка.

Каждая секция состоит из одного витка, как это видно из фиг. 27, изображающей схему волновой обмотки ротора. На схеме для ясности показана только одна фаза. В стержневой обмотке каждая фаза состоит из двух групп, обозначенных на фиг. 27 линиями разной толщины. Обе группы соединены между собой посредством перемычки *п*.

У двигателей малой мощности в роторе применяются катушечные обмотки, которые не отличаются по своей схеме от статорных обмоток.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОСМОТР И РАЗБОРКА МАШИН

12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТИ

При осмотре поступившей в ремонт машины одновременно с выяснением характера неисправности и необходимого ремонта нужно постараться выявить также и причину порчи машины.

В практике ремонта машин часто бывают случаи, когда якорь или статор, выпущенные после ремонта обмотки, возвращаются обратно с жалобой на недоброкачественный ремонт, между тем как действительной причиной первой и второй порчи машины является трение якоря о полюса или ротора о статорное железо вследствие износа подшипников.

Нередки и такие случаи, когда в ремонт посылается одна полюсная катушка с обуглившейся от перегрева изоляцией проводников. При этом заказчик и не подозревает, что это произошло от короткого замыкания в другой катушке и что отремонтированную катушку ожидает та же участь. Отсюда обязанность ремонтной мастерской затребовать для осмотра и другие катушки или всю машину.

Иногда в ремонт поступает якорь со сгоревшими секциями в результате короткого замыкания, получившегося после обточки коллектора, на котором был затянут медью поверх слюды промежуток между коллекторными пластинами.

Во избежание повторения аварии об этом следует сообщить заказчику.

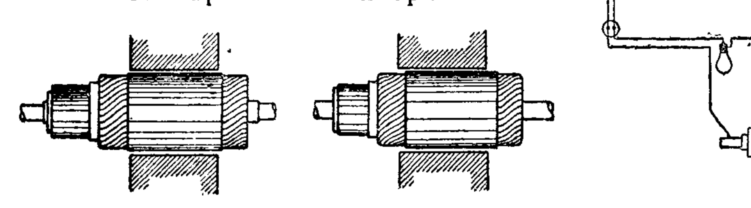
Этими примерами, конечно, не исчерпывается перечень упущений, имеющих место в эксплоатации машин, особенно там, где уход за ними не поставлен на должную высоту.

К осмотру машин, поступающих в ремонт, следует привлекать и обслуживающих их монтеров; это даст им возможность ознакомиться с тем, какие последствия вызывает небрежное обращение и плохой уход за машиной. Кроме того, монтер будет знать те слабые места, которые чаще всего подвергаются порче, например, слабая изолировка в наиболее ответственных местах, плохая пропайка, небрежная пригонка и сборка деталей и т. п.

Прежде чем разбирать машину, надо проверить состояние подшипников, предварительно завернув болты у крышек, если они отвернуты. Для этого надо проверить качку шейки вала в разных направлениях, применяя для больших машин рычаг. Обнаружение стука шейки вала о стенки

подшипника означает сработку подшипника, который надо или ремонтировать или заменить новым, хотя трения якоря о полюса или ротора о статорное железо и не наблюдается.

Одновременно надо проверить и продольный разбег якоря (ротора), и если он велик, то установить, зависит ли он от сработки подшипников или от неправильной сборки, причем необходимо обратить внимание на положение якоря относительно полюсов или ротора по отношению к статорному железу (фиг. 28). При положении якоря, изображенном на фиг. 28а, подшипник со стороны коллектора будет подвергаться осевому усилию от магнитного притяжения якоря.



Фиг. 28а. Правильное положение якоря относительно полюсов.

Фиг. 28б. Неправильное положение якоря относительно полюсов.

Фиг. 29г. Испытание якоря на корпус контрольной лампой.

Если при наружном осмотре неисправность машины не выявляется, надо узнать, нет ли в ней соединения с корпусом, пользуясь для этого контрольной лампой (фиг. 29). При обнаружении соединения на корпус надо найти, где оно произошло, разъединив для этого отдельные токоведущие части (якорь, щеткодержатель и цепь возбуждения) и проверив их в отдельности контрольной лампой.

В случае если соединения с корпусом нет, следует пустить машину в ход и дать ей поработать некоторое время с нормальной нагрузкой. Но при этом может случиться, что машина совершенно исправна и отправлена в ремонт по недоразумению. В таком случае вероятны следующие предположения:

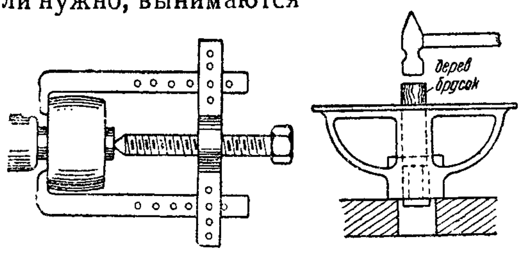
1) неисправны шунтовой или пусковой реостат;
2) на щите перегорели предохранители;
3) ослаб приводной ремень;
4) замыкание в сети;
5) неправильно соединение с реостатом и сетью.

13. РАЗБОРКА МАШИНЫ

При снимании шкива надо обратить внимание на шпонку. Иногда практикуется способ заклинивания шкива, а именно, сначала надевают шкив, а потом загоняют с кон-

ца вала шпонку. Снять насаженный таким способом шкив нелегко, особенно, если шпонка сделана клинообразной. В таком случае надо попытаться, задерживая тисками шпонку, сдвинуть шкив в сторону машины и затем вынуть шпонку.

Для снимания шкива рекомендуется применять приспособление, изображенное на фиг. 30. Пользоваться для этого молотком или рычагом не следует, потому что легко можно погнуть вал, испортить подшипники или разбить шкив. Затем отвертываются подшипниковые щиты и вынимается якорь (ротор), Чтобы не повредить обмотки или коллектор, на концы вала при вынимании больших якорей надевают трубы с целью искусственного удлинения концов вала. После этого, если нужно, вынимаются вкладыши подшипников. Как правило, вкладыши подшипников с кольцевой смазкой закрепляются стопорными винтами, которые иногда трудно заметить из-за налипшей грязи или густой окраски, поэтому необходимо сначала найти винты и отвернуть их, а потом уже выколотить вкладыши. Чтобы не замять стенки подшипника при выколачивании вкладыша нужно пользоваться березовым или дубовым бруском, пригнанным по размеру подшипника.



Фиг. 30. Приспособление для съемки шкивов.

Фиг. 31. Выбивание подшипника.

Во избежание поломки подшипникового щита, а также для того, чтобы удары молотка были жестки, а крышка не пружинила, надо подставить упор под втулку щита, в которой сидит вкладыш (фиг. 31).

Смазочные кольца необходимо вывести из прорези во вкладыше, иначе они будут прижаты к втулке подшипника и помнутся.

Шариковые подшипники снимаются с вала посредством приспособления, изображенного на фиг. 30.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

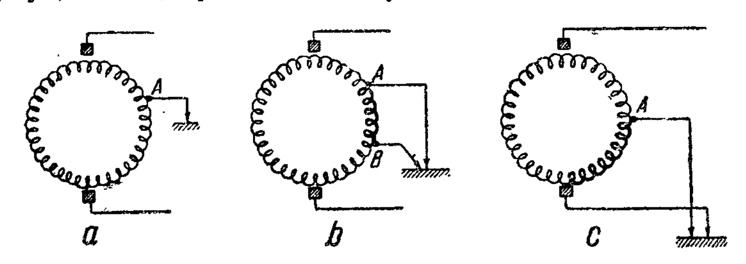
РЕМОНТ ЯКОРЯ

14. СОЕДИНЕНИЕ С КОРПУСОМ

Выясним сперва, как отражается на работе машины соединение с корпусом. Фиг. 32а изображает якорную обмотку, у которой в какой-нибудь точке A имеется соединение

с корпусом. Это соединение не отражается на работе машины до тех пор, пока не произойдет соединение с корпусом в другой какой-нибудь точке *B* (фиг. 32b), после чего часть обмотки (между точками *A* и *B*) окажется короткозамкнутой, коллектор будет сильно искрить, а якорь задымит.

Работа машины окажется невозможной и в том случае, если соединение с корпусом произойдет в одной точке обмотки при одновременном заземлении в сети (фиг. 32c). В данном случае обмотка будет замкнута накоротко через корпус, землю, провод и щетку.



Фиг. 32. Короткое замыкание якорной обмотки при соединении с корпусом.

Соединение якорной обмотки с корпусом в большинстве случаев происходит от трения якоря о полюса.

Кроме того, у машин, работавших продолжительное время или с перегрузкой, изоляция якорной обмотки приходит в ветхость. Это тоже является одной из причин соединения с корпусом.

Порча обмотки бывает нередко от сырости и кислотных испарений.

Не исключаются случаи, когда машина выходит из строя из-за недоброкачественности изоляционных материалов или по вине обмотчика, допустившего повреждение изоляции. Этот дефект при испытании одного якоря может быть и не обнаружен, несмотря на то, что испытательное напряжение значительно выше нормального рабочего напряжения. Частые разборки машины при небрежном обращении с якорем также могут быть причиной соединения обмотки с корпусом.

Независимо от качества и условия работы машины пробивание на корпус наиболее вероятно в тех случаях, когда электропроводка „имеет землю".

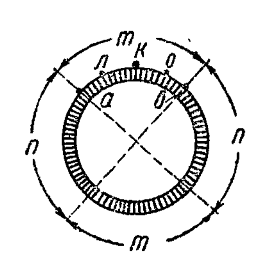
15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА СОЕДИНЕНИЯ С КОРПУСОМ

Соединение с корпусом часто сопровождается выгоранием части секции в точке замыкания на корпус. В таком случае найти повреждение в обмотке нетрудно. Если же

место соединения с корпусом неизвестно, то для определения его рекомендуется поступать таким образом:

Допустим, что на якоре имеются следы трения якоря о полюса. В результате задевания за полюса железо некоторых зубцов местами врезалось в пазы. Выправляя зубцы и проверяя одновременно соединение с корпусом контрольной лампой, можно легко найти, где было соединение.

Место замыкания на корпус можно определить и таким способом: к якорю подводят ток большой силы (от понижающего трансформатора при напряжении 10—30 *в*), присоединяя один конец провода к корпусу якоря, а другой — к коллектору, обтянутому голой медной проволокой.



Фиг. 33. Определение места корпусного соединения посредством отпайки концов.

При прохождении тока место соединения обмотки с корпусом нагреется и появится дым.

Иногда корпусное соединение определяется посредством отпайки нескольких концов от коллектора. При петлевой или двухполюсной обмотке нужно отпаять два верхних диаметрально противоположных конца и узнать с помощью контрольной лампы, в какой половине якоря имеется неисправность. Найдя эту половину, отпаивают посредине еще один проводник и находят, в какой из двух четвертей обмотки имеется соединение с корпусом, и т. д., до тех пор, пока не определится поврежденное место.

В якоре, имеющем четырехполюсную последовательную обмотку, отпайка двух диаметрально противоположных концов не делит обмотку на две части, как это было в петлевой обмотке, а только отключает от обмотки одну секцию. Поэтому для нахождения дефектной секции обычно отпаивают от коллектора все верхние концы. Однако в этом нет никакой надобности, если поступить следующим образом:

Отпаять два верхних конца от любых двух пластин *а* и *б* (фиг. 33), находящихся на расстоянии $^1/_4$ окружности коллектора, после чего вся обмотка разделится на две равные части.

Одну половину обмотки составят секции, присоединенные к пластинам верхней и нижней четвертей *m* коллектора, а другая половина обмотки будет соединена с пластинами, принадлежащими правой и левой четвертям *п* коллектора. Допустим, что контрольная лампа теперь указывает на соединение с корпусом в частях *m*, тогда делят одну из

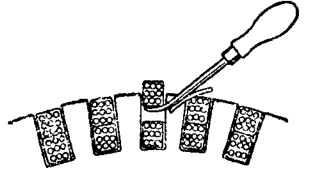
них, например верхнюю, на две равные части, отпаяв конец от пластины *К*.

Если после этого корпусное окажется в части коллектора *К — б*, то делят и ее пополам, отпаяв конец от пластины *О*, и т. д.

Уменьшая таким образом количество пластин, указывающее на корпусное, мы подойдем к неисправной секции, ограничившись отпайкой лишь нескольких концов. Так, например, в коллекторе, имеющем 99 пластин, потребуется отпаять не более 7—8 концов.

16. УСТРАНЕНИЕ СОЕДИНЕНИЯ С КОРПУСОМ

Устранение замыкания на корпус делается различными способами, в зависимости от того, где произошло замыкание, как велико повреждение, в каком состоянии находится обмотка и т. п. Допустим, что соединение с корпусом произошло от задевания якоря за полюса.



Фиг. 34. Поднимание верхних сторон секций.

Фиг. 35. Поднимание верхних сторон секций.

В данном случае надо, как уже говорилось, выправить искривленные зубцы и в образовавшиеся щели (между зубцом и секцией) загнать изоляционную пластинку из прессшпана или фибры, пропитанных густым лаком или шеллаком.

При наличии выгорания в верхней стороне секции нужно, сняв бандажи и отпаяв (в случае волновой обмотки) несколько концов, приподнять сгоревшую секцию и изолировать ее, а если нужно, то отрезать перегоревшие проводники, заменив их новыми, причем припайку проводников следует делать встык, заделывая концы спаиваемых проводников в трубку из тонкой жести. Ввиду ограниченности места в пазу пайка делается на лобовых частях.

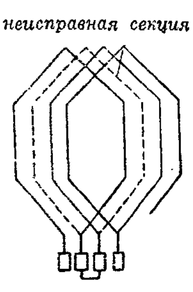
Чтобы вынуть якорную секцию из паза, применяется изогнутая на конце отвертка (фиг. 34) и железный клин (фиг. 35).

При сильных выгораниях, а также в случае порчи нижней стороны секции последняя должна быть полностью вынута для ремонта или замены ее новой.

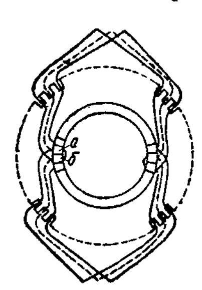
17. ВЫКЛЮЧЕНИЕ НЕИСПРАВНОЙ СЕКЦИИ

Исправление дефектных секций, а тем более замена их новыми в якорях с ветхой изоляцией не всегда возможно без повреждения других секций. В таком случае приходится или перематывать якорь заново или же, если остановка машины на ремонт грозит большими убытками, выключить неисправную секцию.

Для этого при петлевой обмотке поступают так: найдя неисправную секцию, отключают концы ее от коллектора, а пластины, к которым были присоединены эти концы, соединяют между собой (фиг. 36).



Фиг. 36. Выключение неисправной секции в петлевой обмотке.



Фиг. 37. Выключение неисправной секции в четырехполюсной последовательной обмотке.

В волновой четырехполюсной обмотке надо выключить не только неисправную секцию, но и противоположную ей, как показано на фиг. 37, а для того чтобы обмотка была замкнута, необходимо соединить между собой две пластины *а* и *б*, от которых отпаяно по одному концу, а пластину, у которой отпаяны оба конца, соединить с любой смежной с ней.

Выключение одной или двух секций отражается на работе машины по-разному. При большом числе коллекторных пластин, т. е. когда секция состоит из небольшого числа витков, искрения под щетками не замечается. Тем не менее машина не может считаться полноценной, а потому такой способ ремонта в обыкновенных условиях применять не рекомендуется.

18. КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ ОБМОТКИ

Короткое замыкание якорной обмотки может проявляться в следующих формах:

1) соединение между секциями;

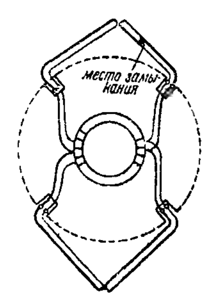
2) междувитковое замыкание в секции;

3) перепутаны концы при укладке их в коллектор;

4) соединены между собой пластины коллектора оловом во время пайки или заусенцами во время проточки коллектора;

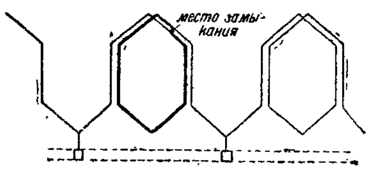
5) коллекторные петушки касаются друг друга.

Короткое замыкание всегда сопровождается нагреванием замкнутых секций и сильным искрением, причем достаточно нескольких секунд, чтобы изоляция на проводнике обуглилась, после чего требуется серьезный ремонт или перемотка всего якоря. Если же замыкание обнаружится до того, как появится дым (например, по искрению), то ликвидировать его нетрудно. Для этого надо, остановив и разобрав машину, осмотреть якорь и заметить нагревшуюся секцию; отпаяв затем концы этой секции, определить посредством контрольной лампы, где имеется замыкание — в обмотке или в коллекторе. Если контрольная лампа не указывает замыкания ни между концами секции, ни между пластинами коллектора, то имеется междувитковое замыкание в секции.



Фиг. 38. Короткое замыкание между секциями в волновой обмотке (жирной линией обозначены греющиеся секции).

Если у волновой четырехполюсной обмотки замыкание в каком-нибудь одном месте сопровождается нагреванием и противоположной секции, это значит, что произошло замыкание между этими секциями (фиг. 38), а не между витками (фиг. 39).



Фиг. 39. Витковое замыкание в волновой обмотке.

Чтобы узнать, какая же из двух противоположных секций неисправна (фиг. 38), надо отпаять концы обеих секций и опробовать контрольной лампой каждую отдельно.

Дальнейшая работа сводится к нахождению места повреждения. Опыт показывает, что замыкание (в особенности в обмотке, сделанной из провода прямоугольного сечения) в большинстве случаев наблюдается на изгибах, например, в головках секций или у входа в пазы и чаще всего между головкой и концами. Объясняется это тем, что здесь наиболее тесное место и, кроме того, между головкой и концами действует полное рабочее напряжение машины, поэтому замыкание в этих местах сопровождается обычно перегоранием проводников. Ремонт в большинстве случаев возможен без перемотки, но требуется поднять несколько верхних сторон секций.

В якорях, у которых коллектор имеет высокие петушки из ленточной меди, замыкание чаще всего происходит между

нижними концами (шинами) возле коллектора, куда проникает угольная пыль через петушки.

Следует заметить, что при ремонте в таких случаях недостаточно ликвидировать только обнаруженное подгорание секций, а необходимо одновременно, подняв все верхние концы, очистить от пыли и покрыть лаком весь нижний слой концов.

Если короткое замыкание произошло в якоре, имеющем слишком ветхую изоляцию, а остановка машины на длительный ремонт почему-либо недопустима, то целесообразнее выключить одну из секций, между которыми произошло замыкание.

После ремонта, связанного с пропайкой и проточкой коллектора замыкание может получиться вследствие протекания олова или затягивания заусенцами слюдяных прокладок; на эти места и следует в первую очередь обратить внимание при обнаружении замыкания, прежде чем делать отпайку концов.

19. ОБРЫВ В ЯКОРНОЙ ОБМОТКЕ

Признаком обрыва в обмотке является пробегание искры по окружности коллектора, которая при вращении коллектора имеет вид огненного кольца. От искрения подгорают коллекторные пластины и выгорают слюдяные прокладки между подгорающими пластинами.

Искрение иногда появляется только при нагрузке, а при холостом ходе машины или при малой нагрузке отсутствует. Это означает, что в обмотке имеется где-то плохой контакт.

При петлевой обмотке в случае обрыва подгорают те смежные пластины, к которым присоединены начало и конец секции, имеющей обрыв (фиг. 40).

Фиг. 40. Выгорание слюды на коллекторе при обрыве в петлевой обмотке.

При волновой четырехполюсной обмотке подгорание коллекторных пластин получается одновременно в двух диаметрально-противоположных местах, а в шестиполюсной обмотке в трех местах, на равном расстоянии друг от друга, иначе говоря, на расстоянии коллекторного шага.

Разрыв в цепи якоря в большинстве случаев происходит от плохого контакта в соединении концов с коллектором; на это место и нужно в первую очередь обратить внимание для определения места неисправности.

Вследствие плохого контакта конец проводника может накалиться до температуры, при которой начнет обугли-

ваться изоляция проводников и произойдет короткое замыкание. Во-вторых, от продолжительного искрения между подгорающими пластинами образуется настолько глубокая канавка, что потребуется замена слюдяных прокладок и ремонт или замена подгоревших пластин. Для предупреждения аварии надо тщательно зачистить концы секций и пропаять.

В самой обмотке обрывы бывают очень редко, если не считать перегорания проводников вследствие короткого замыкания. Но иногда наблюдаются случаи обрыва проводников на изгибах, преимущественно в тех якорях, которые были перемотаны старыми секциями или имеют очень тонкий проводник.

Для того чтобы устранить обрыв, иногда поступают так: соединяют между собой пластины, между которыми выгорает слюда. Такой способ неправилен, потому что обрыв чаще всего бывает не полный (например, плохой контакт в соединении с коллектором или отпайка петушка). Если соединить между собой подгоревшие пластины, как показано на фиг. 36, то отпаявшаяся секция окажется в данном случае зашунтированной, т. е. замкнутой накоротко и при случайном восстановлении контакта, что вполне возможно, она сильно нагреется.

Испытание якоря после устранения обрыва необходимо делать при полной нагрузке машины, в противном случае плохой контакт при малом токе может быть не обнаружен и обрыв, таким образом, не будет ликвидирован.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПЕРЕМОТКА ЯКОРЕЙ

20. РУЧНЫЕ ОБМОТКИ

Якорные обмотки бывают ручные, когда проволока при намотке якоря укладывается непосредственно в пазы, и шаблонные, если из проволоки делают предварительно особой формы секции, которые затем укладываются в якорные пазы.

Ручные обмотки применяются в двухполюсных малых машинах и только как исключение встречаются старые четырехполюсные машины, имеющие ручную обмотку.

Рассмотрим на примерах три способа ручной обмотки якорей:

1) перемотка якорей двухполюсной автомобильной динамомашины;

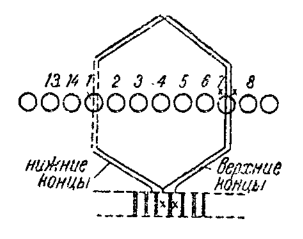
2) перемотка якорей для вентиляторов, электродрелей и т. п.;

3) перемотка якорей двухполюсных машин мощностью 1—5 *квт*.

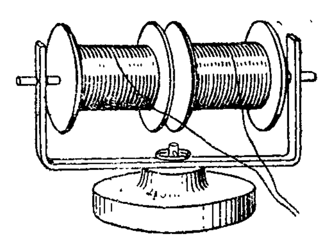
21. ПЕРЕМОТКА ЯКОРЯ ДВУХПОЛЮСНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДИНАМОМАШИНЫ

Данные обмотки: 14 пазов, 28 пластин коллектора. Шаг по якорю *6* (из первого паза в седьмой). Шаг по коллектору *1*. Катушка имеет 6 витков. Диаметр голой проволоки 1,15 *мм* с изоляцией ПЭБО (эмалированный проводник с однослойной хлопчатобумажной оплеткой).

Перед размоткой якоря надо заметить какой-нибудь один паз и те две пластины, к которым присоединены два верхних конца, выходящие из отмеченного паза (фиг. 41). Запомним также, что нижние концы секций смещены по коллектору на одну пластину влево.



Фиг. 41. Вывод концов у якоря автомобильной динамомашины.



Фиг. 42. Приспособление для намотки якоря в две проволоки.

Пометки на якоре и коллекторе необходимо делать потому, что щетки не имеют перемещения по окружности коллектора.

Если при размотке якоря концы проволоки обламываются в местах пайки с коллектором, то коллектор надо подогреть для размягчения олова, не допуская его расплавления, так как при этом канавки в пластинах будут залиты оловом, которое потом придется удалять.

Проволоку следует разматывать осторожно, чтобы не поломать зубцы фибровых шайб на торцах якоря.

После размотки проверяют контрольной лампой, нет ли замыкания коллектора на корпус и между пластинами, применяя напряжение не более 110 *в*.

Положив затем в предварительно вычищенные пазы прессшпановую изоляцию толщиной не более 0,3 *мм*, приступают к намотке.

Якорь обматывается сразу в две проволоки, заранее нарезанной кусками определенной длины, или же непосредственно с двух катушек. В последнем случае во избежание перехлестывания проволок после каждого оборота можно воспользоваться простым приспособлением, изображенным на фиг. 42, с помощью которого рамка с катушками повертывается вокруг вертикальной оси. При отсутствии этого приспособления катушки подвешиваются и повертываются при каждом обороте.

Намотав из первого паза в седьмой шесть витков, обрезают проволоку и вставляют в пазы временные деревянные клинья. После этого нужно посредством деревянного клина плотно прижать витки на концах якоря. Это необходимо делать после намотки каждой катушки для того, чтобы обмотка занимала меньше места и не упиралась в заднюю крышку с одной стороны и в коллектор с другой.

Вторую катушку мотают в пазы 14 и 6, следующую в 13 и 5 и т. д. до тех пор, пока в каждом пазу не будут находиться по две стороны разных катушек. При намотке надо наблюдать за тем, чтобы начала катушек находились в правой стороне паза, а концы в левой, чтобы избежать переплетания концов при выводе их к коллектору.

Следует также обращать особое внимание на те места, где проволоки перекрещиваются, так как в этих местах и происходит чаще всего замыкание. При уплотнении проводников посредством клина и молотка надо избегать сильных ударов, которыми может быть повреждена изоляция на проводниках, причем повреждение может обнаружиться не в процессе намотки или при испытании якоря, а только при работе машины.

Заполнив все пазы и закрыв их фибровыми или деревянными гладко обструганными клиньями, сделанными из сухого дерева, проверяют, нет ли соединения с корпусом и между катушками. Междувитковое замыкание может быть обнаружено с помощью специального электромагнита, изображенного на фиг. 97.

После этого вставляют в коллектор один ряд концов, обозначенных на фиг. 41, „нижние“, и закрывают их промасленным полотном или бумагой, после чего вставляют в коллектор „верхние“ концы, и наконец, следует пайка, пропитка и сушка якоря.

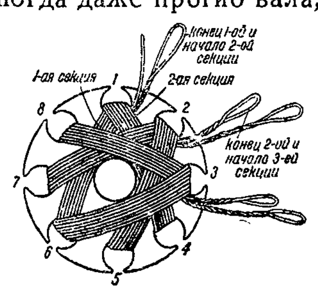
22. ПЕРЕМОТКА ЯКОРЕЙ МОТОРОВ ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ, ЭЛЕКТРОДРЕЛЕЙ И Т. П.

Описанный выше способ намотки якорей самый простой, но он имеет тот недостаток, что на лобовых частях обмотка

укладывается несимметрично, так как последние секции выпучиваются.

В тихоходных машинах это не имеет существенного значения. В быстроходных же машинах вследствие смещения центра тяжести якоря происходит дрожание машины, быстрое изнашивание подшипников, а иногда даже прогиб вала, сопровождаемый задеванием якорного железа за полюса.

Для устранения этого явления у быстроходных моторов (вентиляторных и т. п.) намотка делается несколько иначе.



Фиг. 43. Ручная намотка якоря, 8 пазов, 16 ламелей.

Пример. Якорь имеет 8 пазов, в пазу помещается 80 проводников, коллектор имеет 16 пластин.

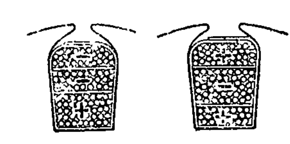
Сделав пометки иа одиом из пазов и на двух пластинах, как н в предыдущем примере, разрезают секции на лобовых частях и вытаскивают проволоку из пазов.

Если катушка сидит в пазах очень туго, то подогревают якорь или же разбивают ее, применяя железную пластинку, свободно входящую в щель паза, после чего связь между проволоками иарушается и катушка вынимается свободно.

В нашем примере число пластин коллектора в два раза больше числа пазов, поэтому из каждого паза должно выходить по две пары проводников (два иачала и два конца).

Намотка якоря производится следующим образом:

Заложив в пазы два слоя лакоткани (промасленное полотио), мотаем одиой проволокой из первого паза в шестой 20 витков (фиг. 43), затем делаем петлю, надеваем трубочку из хлопчатобумажной пряжи („чулок“) и мотаем из первого в четвертый паз тоже 20 витков. Петля будет означать коиец первой и начало второй катушки. Затем переходим во второй паз, предварительно сделав у входа в него петлю (коиец второй и начало третьей катушки), и мотаем третью катушку из второго паза в седьмой. После этого делаем опять петлю и мотаем из второго в пятый паз. Переходим далее к третьему пазу и так до тех пор, пока в каждом пазу получится по 80 проводников.


Фиг. 44. Прокладки в пазах между отдельными слоями обмотки.

Конец последней 16-й катушки соединим с иачалом первой, предварительио проверив через лампочку, нет ли в обмотке обрыва.

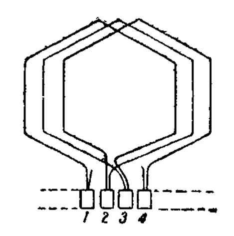
Во время иамотки якорь держат в левой руке, а правой производят обмотку.

При таком способе иамотки в каждом пазу получаются три слоя обмотки (в данном примере в одном слое обмотки 40 проводииков и в двух других по 20).

Между этими слоями действует полиое рабочее напряжение. При употреблеиии проволоки с двойной шелковой изоляцией (ПШД) можио ие опасаться замыкания, но при менее иадежной изоляции рекомендуется прокладывать между слоями бумажные полоски (фиг. 44).

Для того чтобы при соединении с коллектором не перепутать петли, нужно делать их разной длииы.

На фиг. 45 представлена схема обмотки, у которой перепутаны местами две петли при соединении с пластинками № *2* и *3*. Как видно из схемы, в данном случае нет ни обрыва, ни замыкания. Но при работе машины будет замечено искрение под щетками, а на пластинах № *1*, *2*, *3* и *4* появится нагар. Это объясняется тем, что щетка, перекрывая первую и вторую пластины (или третью и четвертую), замыкает накоротко удвоенное количество витков, отчего увеличивается э. д. с. самоиндукции, которая и является причиной искрения.



Фиг. 45. При соединении с коллектором перепутаны петли.

23. ПЕРЕМОТКА ЯКОРЕЙ ДВУХПОЛЮСНЫХ НОРМАЛЬНЫХ МАШИН

В настоящее время в эксплоатации имеется очень много двухполюсных машин с ручной якорной обмоткой, мощностью 1—5 *квт*.

При намотке якорей ручным способом от обмотчика требуется навык для такой укладки проводника на лобовых частях, чтобы обмотка не возвышалась над железом якоря и не упиралась ни в коллектор, ни в заднюю крышку или в вентилятор.

Для этого требуется соответствующее уплотнение лобовых соединений в процессе обмотки.

С другой стороны, нужно учитывать то обстоятельство, что в некоторых местах проводники, прилегающие друг к другу, находятся под полным рабочим напряжением, а это требует прокладки между ними изоляции и особой осторожности при подколачивании обмотки.

В предыдущих примерах эти вопросы почти не затрагивались, потому что в первом примере мы имели дело с машиной низкого напряжения (6 *в*) и, кроме того, обмотка в якоре размещается сравнительно свободно. Во втором благодаря очень тонкой проволоке и двойной оплетке возможность пробивания изоляции также мало вероятна. Другое дело, когда намотка делается толстым проводником, рабочее напряжение 110—440 *в*, а место для обмотки в якоре ограничено.

Возьмем в качестве примера якорь машины ВКЭ, имеющий 20 пазов, 60 пластин и намотанный в одну проволоку диаметром 1,6 *мм*, число проволок в пазу 36.

При размотке якоря надо стараться не повредить оплетку на проволоке, которая во многих случаях оказывается вполне пригодной для повторной намотки.

Затем надо проверить состояние изоляции коллектора от корпуса высоким напряжением, а между ламелями напряжением 110 *в*.

После этого закладывают в пазы лакоткань и прессшпан или один прессшпан толщиной 0,4—0,5 *мм*, который в осевом направлении должен выступать не более 2—3 *мм* за края якоря, и наконец, приступают к намотке.

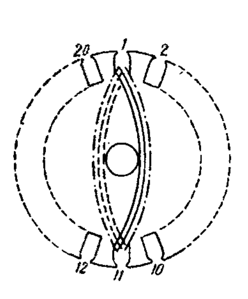
При намотке надо соблюдать следующее:

1. Проводники в пазу не должны перехлестываться, они должны быть предварительно выпрямлены при укладке и туго натянуты.

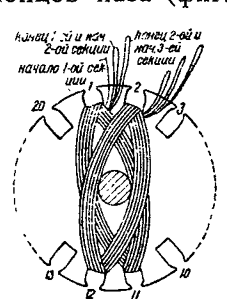
2. После намотки каждой катушки нужно уплотнить проволоку в пазах посредством острых деревянных или фибровых клиньев, загоняемых с обоих концов паза (фиг. 46), а на лобовых частях ударами молотка через деревянный брусок, предварительно вставив клинья в пазы.



Фиг. 46. Уплотнение проводников в пазу клиньями.



Фиг. 47.



Фиг. 48. Намотка якоря ручным способом.

3. В пазах между верхним и нижним слоями, а также в лобовых частях, где перекрещиваются проводники, прокладывается бумажная, а в случае толстой проволоки, прессшпановая изоляция.

Намотка делается из 1-го паза в 11-й (фиг. 47 и 48). Положив 6 витков, обозначенных на фиг. 47 двумя сплошными линиями, и уплотнив посредством клиньев проволоку, делают петлю и надевают трубочку из хлопчатобумажной ткани, которая должна входить немного в паз. За неимением трубочек петли изолируют лентой.

После этого наматывают еще 6 витков, обходя вал с левой стороны (две пунктирные линии), и делают вторую петлю.

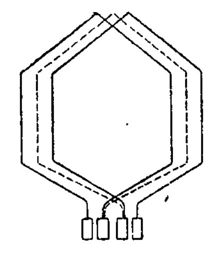
Третью катушку располагают по обе стороны вала, делая 3 витка вправо и 3 витка влево.

Затем занимают пазы *2* и *12*, *3* и *13*... *10* и *20*. Прежде чем переходить к намотке второго слоя, закрывают первый слой полоской прессшпана. Конец последней катушки соединяют с началом первой.

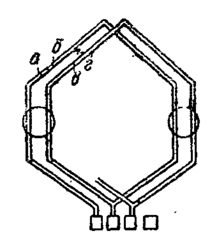
Заполнив все пазы, испытывают обмотку на пробивание изоляции и на испытательном электромагните и соединяют концы с коллектором согласно пометкам, сделанным при размотке якоря.

Для того чтобы при соединении с коллектором не перепутать между собой петли, они должны быть как-то помечены, например, иметь разную окраску трубочек или разную длину. При отсутствии отличительных знаков или в случае сомнения надо разрезать петли и делать соединение с помощью контрольной лампы, не считаясь с порядком включения катушек, занимающих одни и те же пазы, так как они ничем не отличаются друг от друга.

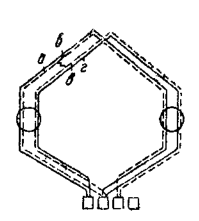
Другое дело, когда бывают перепутаны петли (фиг. 45) или начало катушки с концом. В последнем случае схема примет вид, изображенный на фиг. 49, причем контрольная



Фиг. 49. У средней пунктирной секции перепутаны начало и конец.



Фиг. 50. Способы устранения замыкания в обмотке, сделанной в две параллельные проволоки.



Фиг. 51. Способы устранения замыкания в обмотке, сделанной в две параллельные проволоки.

лампа не поможет обнаружить этот дефект и якорь окажется неисправным (неправильно соединенные секции будут греться).

В ручных обмотках редко применяется проволока диаметром более 2 *мм*; при больших сечениях применяются два параллельных проводника, например, вместо одной проволоки диаметром 2,5 *мм* применяют две с диаметром 1,7 *мм*. В таких случаях якорь наматывается сразу в две проволоки.

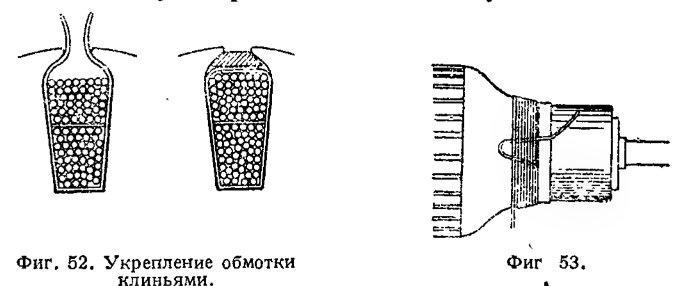
Если у якоря, намотанного в две параллельные проволоки, обнаружится соединение двух катушек, занимающих одни и те же пазы, то его легко можно ликвидировать следующим образом:

Допустим, что замыкание имеется между проводниками *б* и *в*, принадлежащими разным секциям (фиг. 50). В таком случае соединим их вместе, чтобы они были в одной секции, а проводники *а* и *г* будут составлять другую секцию (фиг. 51).

Соединяя концы с коллектором, испытывают якорь еще раз на испытательном электромагните, принцип действия которого описан в § 30, затем обрезают прессшпановую изоляцию, выступающую из пазов, и, заправив ее внутрь пазов

так, чтобы она закрыла проволоку (фиг. 52), вставляют в пазы фибровые или березовые клинья.

После пайки коллектора наматывается веревочный бандаж. Как видно из фиг. 53, конец бандажа *a* продевается в заранее приготовленную петлю и затягивается под бандаж. Затем следует пропитка лаком и сушка.



Фиг. 52. Укрепление обмотки клиньями.

Фиг 53.

Ручной способ намотки встречается иногда и у многополюсных машин старой конструкции. Во избежание ошибок рекомендуется при разборке таких обмоток составлять подробные схемы с указанием шага по якорю и коллектору.

24. ШАБЛОННЫЙ СПОСОБ НАМОТКИ. РАЗБОРКА ЯКОРЯ

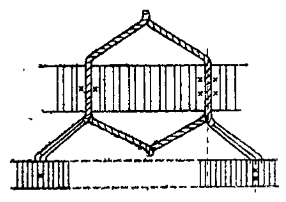
Шаблонные обмотки применяются почти во всех многополюсных машинах, а иногда и в двухполюсных. Они имеют по сравнению с ручными целый ряд преимуществ, например, в них достигается лучшая изоляция отдельных секций; во многих случаях ремонт шаблонной обмотки значительно проще, чем ручной, и т. п.

Прежде чем разбирать якорь, поступивший в перемотку, надо измерить длину лобовой части обмотки, которую не рекомендуется увеличивать, так как обмотка может задевать за задний подшипниковый щит машины или же упираться в вентилятор. Но и уменьшать ее тоже нельзя, чтобы не затруднить укладку секций. Заметив после этого шаг по якорю и коллектору и вывод концов к коллектору (фиг. 54), приступают к размотке якоря. Сохранить расположение концов, подводимых к коллектору, нужно даже у тех машин, у которых щетки укреплены на передвижной траверсе, так как в случае сдвига концов вправо или влево на несколько пластин коллектор будет искрить, а монтер, собравший машину, может не догадаться передвинуть траверсу и будет искать причину искрения в других местах.

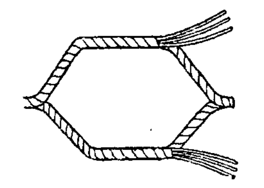
При разборке якоря нужно стараться вынуть секции из пазов без повреждений и не ломая их формы, так как они еще могут быть использованы.

Чтобы поднять верхнюю сторону секции, которая обычно сидит в пазу туго, применяются инструменты, изображенные на фиг. 34 и 35.

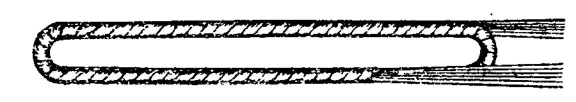
В случае толстых проводников концы из коллектора иногда вынимаются легко и без подогревания коллектора,



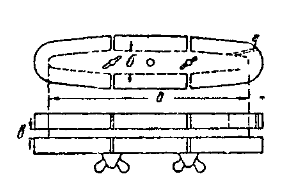
Фиг. 54. Разметка якоря.



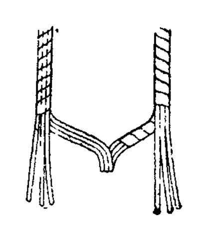
Фиг. 55. Выгибание старой секции для придания ей первоначальной формы.



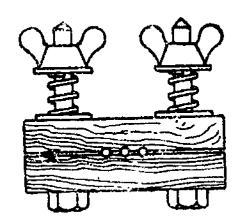
Фиг. 56. Первоначальная форма секции.



Фиг. 57. Шаблон для намотки якорных секций.



Фиг. 58. Вывод концов сверху.



Фиг. 59. Зажимы для проволоки.

но при наличии впаянных петушков необходимо применять паяльник или паяльную лампу, чтобы избежать поломки петушков или вырывания их из пластин коллектора.

25. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЯКОРНЫХ СЕКЦИЙ. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Если при разборке якоря окажется, что изоляция на проволоке ненадежна и старые секции, следовательно, непригодны, то якорь перематывается новыми секциями. Для изготовления новых секций поступают таким образом:

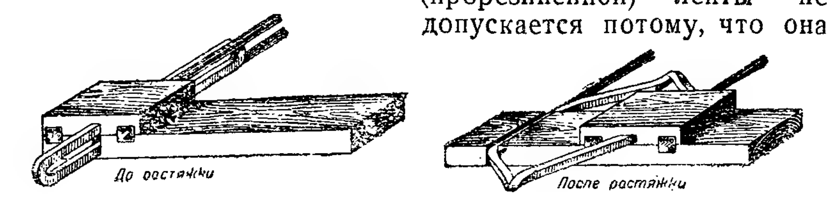
Одну из старых секций (фиг. 55) выгибают, придавая ей форму (фиг. 56), по которой предстоит делать шаблон для намотки.

На фиг. 57 изображен простейший деревянный шаблон, в котором размеры сердечников *а* и *б* соответствуют размерам секции в расправленном виде, а размер *в* соответствует толщине секции.

Изображенная на фиг. 58 секция мотается сразу в три проволоки. Концы проволок вставляются в имеющийся на одном конце шаблона прорез *г*. Натягивание и выпрямление проводников осуществляется посредством зажимов (фиг. 59) или роликов.

Не следует забывать, что в слабо намотанной секции проволоки переплетаются и при подколачивании в пазах оплетка на проволоке легко может быть повреждена даже при слабых ударах, поэтому натяжка проволоки и ее выпрямление имеют большое значение.

Намотанная секция связывается в четырех местах лентой, заложенной в прорезы шаблона, после чего снимается и изолируется полотняной лентой. Применение изоляционной (прорезиненной) ленты не допускается потому, что она препятствует проникновению лака при пропитке секции. Можно применять, например, миткаль, сделав из него ленты соответствующей ширины.



Фиг. 60. Приспособление для растягивания секций.

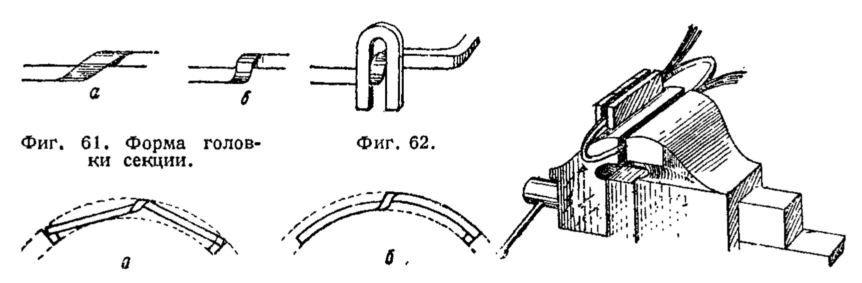
При изолировке секций надо наблюдать за тем, чтобы сохранилось прямоугольное сечение сторон секций, которое стремится перейти в круглое, особенно, если секция намотана из тонкой проволоки. Для избежания этого при изолировке секции надо обжимать ее параллельными плоскогубцами, а ленту натягивать не слишком туго. Изолировку не следует начинать с того места, которое приходится в пазу, так как благодаря приклеиванию ленты в этом месте получается утолщение. На изолировку пазовой части надо обращать особое внимание и употреблять такую же изоляцию, которая применялась заводом на старых секциях. Если же это почему-либо невозможно, то при укладке секций в пазы необходимо усилить изоляцию пазов, а также и между верхней и нижней сторонами секций.

После изолировки секции растягиваются на приспособлении, изображенном на фиг. 60, представляющем собой две доски шириной, немного большей длины паза с выемками, в которые плотно входят стороны секции.

При растягивании секции на этом приспособлении форма головок получается скошенной (фиг. 61а). Для получения

прямых головок (фиг. 61б) при растягивании секции головку удерживают плоскогубцами или скобками (фиг. 62).

Растягивание секций можно делать и в параллельных тисках (фиг. 63), если ширина их губок не более длины пазовой части секции. Если же ширина губок мала, то применяются деревянные планки, имеющие длину, равную длине прямолинейной части секции. После растягивания секция еще не имеет вполне точную форму, так как лобо-

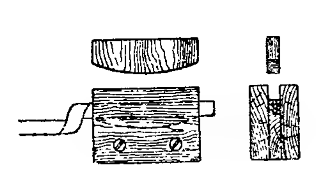


Фиг. 61. Форма головки секции.

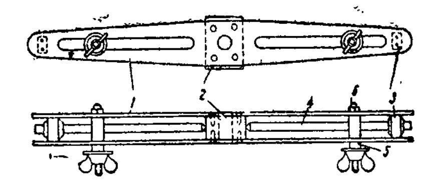
Фиг. 62.

Фиг. 64. Вид с торцевой стороны секции до и после выгиба лобовых сторон.

Фиг. 63. Разводка секций в параллельных тисках.



Фиг. 65. Приспособление для выгибания лобовых сторон секций.



Фиг. 66. Универсальный шаблон.

вые части не выгнуты (фиг. 64а). Для выгибания лобовых сторон (фиг. 64б) применяется приспособление, изображенное на фиг. 65.

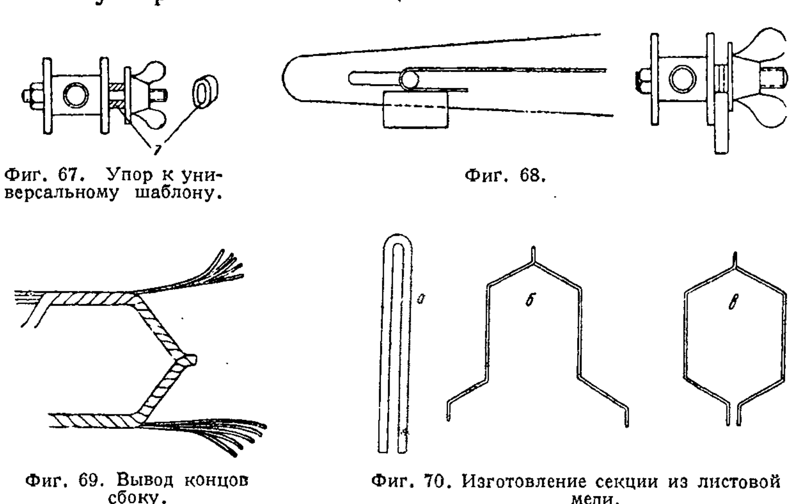
Большое разнообразие якорей, естественно, требует и большого количества хотя и примитивных приспособлений. Этого можно избежать посредством устройства универсальных приспособлений. Так, например, на фиг. 66 изображен несложный универсальный металлический шаблон, на котором возможна намотка весьма различных по величине секций. Он состоит из двух щек *1*, скрепленных сердечником *2* и двумя планками *3*, сквозь которые пропущены два винта *4*. Посредством винтов передвигаются в вырезах упоры *5*, на которые наматывается секция.

Перед намоткой секции, вращая ключом винты *4*, устанавливают упоры *5* на нужном расстоянии друг от друга и закрепляют их гайками *6*. Для получения нужного радиу-

са головки и требуемой толщины сторон секции на упоры надеваются соответствующих размеров трубки 7, изображенные отдельно на фиг. 67.

Для закрепления концов проволоки можно обогнуть их вокруг упора и в этом положении (фиг. 68) временно заклинить до наложения второго витка.

На заводах и в больших мастерских применяют комбинированные шаблоны, позволяющие делать одновременно намотку и растягивание секций.



Фиг. 67. Упор к универсальному шаблону.

Фиг. 68.

Фиг. 69. Вывод концов сбоку.

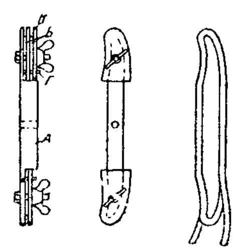
Фиг. 70. Изготовление секции из листовой меди.

Описанный выше способ намотки одновременно в несколько проволок применим к таким секциям, у которых выводные концы расположены в пазу в виде горизонтального ряда (фиг. 68). Но у некоторых машин выводные концы секции расположены вертикальным рядом, т. е. выходят из секции сбоку (фиг. 69). Необходимость в этом вызывается тем, что требуемое число концов не умещается по ширине паза. В таких случаях секция мотается в одну проволоку. Намотав горизонтально нужное количество витков, например три, обрезают проволоку и на этот ряд наматывают следующий и т. д. Таким образом получится несколько концов, расположенных вертикально.

При перемотке якорей, имеющих шинную обмотку секции, последняя не выбрасывается, а лишь заменяется ее изоляция. Если заводская секция имеет миканитовую (слюдяную) изоляцию проводников, то при ремонте нельзя заменять ее хлопчатобумажной лентой, так как теплостойкость последней значительно ниже, чем у миканита. Но при наличии

перегоревших проводников приходится иногда делать одну или несколько новых секций. В таких случаях медную шину нужного размера загибают по форме, изображенной на фиг. 70а, после чего посредством выгибания придают ей требуемую форму (фиг. 70 б или в).

Однако такой способ применим тогда, когда секция состоит из одного витка. Если же секция состоит из двух витков, то она мотается из медной ленты так же, как и проволочная. Применяемый для этого шаблон и секция до растяжки имеют вид, изображенный на фиг. 71, где *А* — железный сердечник, *Б* — пластины, имеющие толщину, равную толщине ленточной меди, из которой наматывается секция, *В* — щеки, *Г* — шпильки для направления. Иногда на шаблоне намотка делается сразу в несколько лент, тогда пластина *Б* делается соответственно толще.



Фиг. 71. Шаблон для изготовления секций из ленточной меди.

Двухоборотные секции выполняются обычно из меди с двойной оплеткой марки ПБД. До изолировки надо тщательно зачистить заусенцы и шероховатости, оставшиеся от лужения концов.

26. УКЛАДКА СЕКЦИЙ В ПАЗЫ. СОЕДИНЕНИЕ С КОЛЛЕКТОРОМ

Перед укладкой секций в якорные пазы нужно проделать следующее:

а) вычистить пазы щеткой или продуть из шланга сжатым воздухом;

б) выправить якорные зубцы, если они искривлены в результате трения якоря о полюса;

в) проверить изоляцию на обмоткодержателях (кольца, к которым прилегают лобовые части обмотки), и если нужно, изолировать вновь, соблюдая прежнюю толщину слоя изоляции;

г) проверить, не отломаны ли коллекторные петушки и прочно ли они сидят в пластинках коллектора;

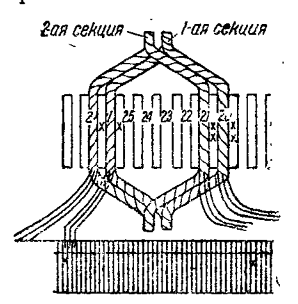
д) проверить на лампу, нет ли замыкания между пластинами, а также проверить изоляцию коллектора высоким напряжением на пробивание с корпусом;

е) заложить в пазы скобки из прессшпана, пропитанного маслом.

Толщина изоляционных скоб должна быть такова, чтобы секции входили в пазы от руки, но достаточно плотно.

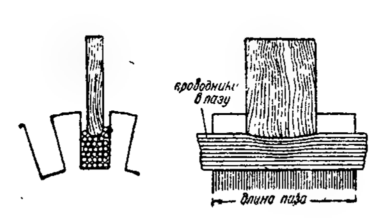
Для того чтобы убедиться, уместятся ли секции по высоте паза, вставляют в паз секцию нижней стороной, а

на нее кладут верхнюю сторону другой секции. Если окажется, что по высоте остается свободное место, то между нижней и верхней сторонами секций или на дно паза надо прокладывать прессшпановые полоски. После этого закладывают первую секцию в те пазы, которые были помечены при разборке обмотки; на фиг. 72 эти пазы имеют номера *1* и *20*. Нижнюю сторону осаживают молотком через фибровую или деревянную пластину до дна паза, а верхнюю до уровня железа. Вставив затем в коллектор нижние концы секций, закладывают вторую секцию во 2-й и 21-й пазы, затем 3-ю, 4-ю . . . 19-ю секции. После этого приподнимают заложенные временно верхние стороны в пазах № *25*, *24*, *23*, *22*, *21* и *20* и продолжают закладывать остальные секции.

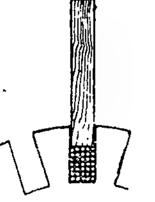


Фиг. 72. Закладка в пазы первых секций.

Пластины, применяемые для осаживания секций в пазы, должны быть хорошо пригнаны по размеру паза. Из сравнения фиг. 73 и 74 видно, какое влияние оказывает на качество работы та или иная пригонка пластин. Иногда секции, входя в паз, увлекают за собой и прессшпановые



Фиг. 73. Плохая пригонка пластины для осаживаиия секций в пазах (пластина тонка и узка).





Фиг. 74. Правильная пригонка пластины для осаживания секций в пазах.

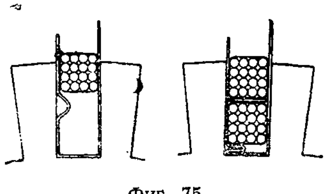
прокладки, которые, собираясь внизу складками (фиг. 75), не позволяют осадить секцию до дна паза. Чтобы избежать этого, надо натирать боковые стороны секций парафином.

Если какая-нибудь сторона секции входит в паз слишком туго, то в большинстве случаев это происходит от того, что в ней переплелись проводники. В таких случаях надо снять с нее изоляцию и выправить проводники, иначе может произойти замыкание, если не при пробном пуске машины, то во всяком случае через непродолжительное время работы машины.

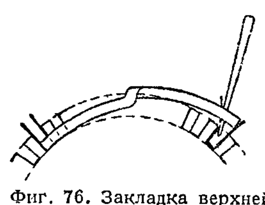
После укладки в паз секции лобовые части ее подколачиваются с помощью длинного клина и молотка, иначе укладка

следующих секций окажется невозможной, так как их места будут заняты предыдущими секциями. Верхние стороны секций вводятся в пазы с помощью фибровой пластины (фиг. 76) или приспособления, изображенного на фиг. 77. Между верхними и нижними сторонами в лобовых частях прокладывают слой прессшпана. Нижние концы присоединяются к коллекторным пластинам после укладки каждой секции; порядок следования их друг за другом должен быть такой, в каком они расположены при выходе из паза. Они обычно выводятся к коллектору снизу, т. е. располагаются под лобовой частью, прилегая непосредственно к изоляции обмоткодержателя. Между ними и лобовой частью кладется прессшпановая прослойка.

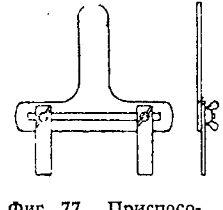
У некоторых якорей нижние концы проходят не под лобовой частью, а посредине между нижней и верхней лобовыми сторонами. При таком способе расположения концов нужно обращать особое



Фиг. 75.



Фиг. 76. Закладка верхней стороны секции в паз.



Фиг. 77. Приспособление для закладки в паз верхней стороны секции.

внимание на изоляцию концов в тех местах, где они соприкасаются с головками секций, потому что здесь скрещиваются проводники, между которыми действует полное напряжение.

В якорях с петлевой обмоткой как нижние, так и верхние концы присоединяются после укладки всех секций.

После того как все секции будут заложены в пазы, выравнивают лобовые части для придания им цилиндрической поверхности с помощью молотка через фибровую или деревянную пластину.

Непосредственные удары молотка по обмотке ни в коем случае недопустимы, так как при этом разбивается верхний слой изоляции.

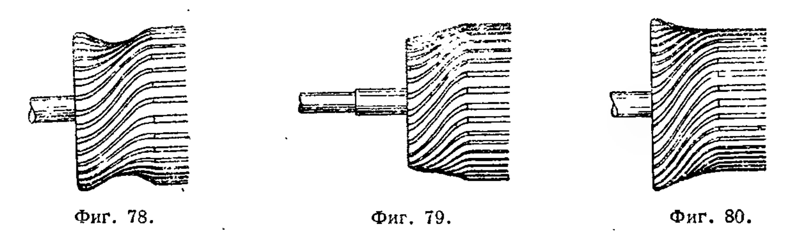
Однако правильную цилиндрическую поверхность можно получить только тогда, если: лобовые стороны секций имели соответствующий выгиб (фиг. 64б) и радиус головки секции сделан по размерам старой секции.

На фиг. 78 изображен якорь, намотанный секциями, не имеющими выгиба лобовых сторон, вследствие чего на лобовой части образовалась впадина.

Если радиус головки секции сделан меньше, чем у образцовой секции, то намотанный якорь примет вид, изображенный на фиг. 79. Наоборот, при увеличенном радиусе головки лобовая часть обмотки возвышается над железом якоря (фиг. 80).

Основной недостаток якорей, изображенных на фиг. 93 и 94, заключается в том, что бандажи будут сползать с лобовых частей.

Выравняв переднюю лобовую часть обмотки, закрывают ее лентой, если имеется достаточно места, то прокладывают под ленту слой прессшпана и испытывают обмотку на корпус, а также пробуют через контрольную лампу,



Фиг. 78. Фиг. 79. Фиг. 80.

нет ли замыкания между концами. Затем соединяют верхние концы с коллектором; при этом поступают таким образом:

Коснувшись одним концом провода от контрольной лампы той ламели, которая помечена одним крестиком (фиг. 72), другим концом провода от контрольной лампы отыскивают верхний конец секции, с которым зажигается лампа, и присоединяют его к ламели, помеченной при разборке якоря двумя крестиками. Затем переставляют провод от контрольной лампы к пластине *2* и, отыскав соответствующий верхний конец, вставляют его рядом с первым верхним вправо от него и т. д.

Между нижними и верхними концами кладется два слоя ленты.

При соединении концов с коллектором надо делать изгибы не у самого петушка (фиг. 81), а на некотором расстоянии для того, чтобы концы не оказались коротки в случае перемотки.

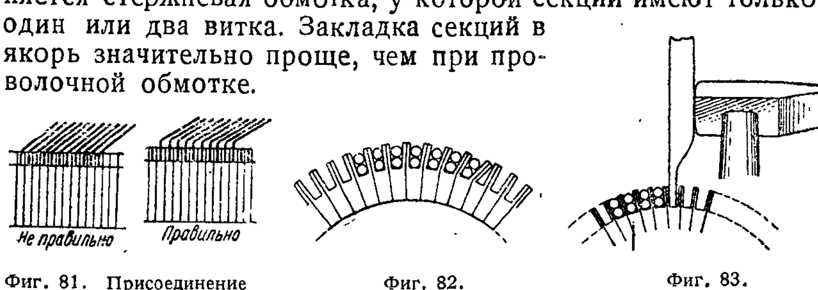
После укладки каждого конца в коллектор петушки немного отклоняются в сторону, особенно, если диаметр проволоки больше ширины канавки. При вкладывании следующих проводников это отклонение все более увеличивается (фиг. 82). Чтобы избежать этого, необходимо после вставки каждого конца выправлять петушки посредством клина (фиг. 83), если же и этого недостаточно, то надо умень-

шать толщину концов секции до вкладывания в петушок посредством развальцовки или осаживания ударами молотка.

Для получения хорошей пропайки концы секции необходимо чистить шкуркой до блеска.

После вставки всех концов и испытания якоря выступающие из петушка концы опиливаются или же обрубаются острым зубильцем.

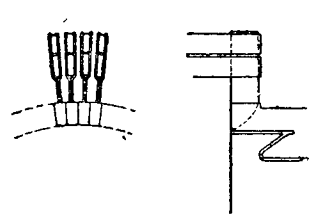
В якорях, построенных на большую силу тока, применяется стержневая обмотка, у которой секции имеют только один или два витка. Закладка секций в якорь значительно проще, чем при проволочной обмотке.



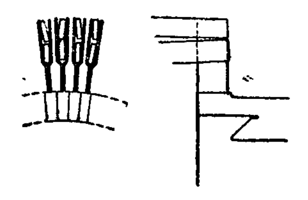
Фиг. 81. Присоединение концов к коллектору.

Фиг. 82.

Фиг. 83.



Фиг. 84. Правильная укладка концов.



Фиг. 85. Небрежная укладка концов.

Наиболее опасное место в смысле повреждения изоляции — это изгибы, на которые, следовательно, и надо обращать больше внимания.

Между нижними и верхними концами прокладывается прессшпан толщиной не менее 1 *мм*.

На фиг. 84 показана правильная укладка концов в петушки (они параллельны и плотно прилегают к петушкам), а на фиг. 85 небрежная закладка. Некоторые обмотчики не придают этому значения, считая, что концы секций и петушки все равно займут правильное положение благодаря деревянным клиньям, забиваемым между петушками при пайке коллектора. Но такое рассуждение следует считать неверным, потому что, когда клинья будут вынуты, то концы шин и петушки будут стремиться снова занять свое первоначальное положение. Для небрежно выполненной

пайки достаточно небольшой перегрузки машины, чтобы началась отпайка концов и сгорание контактов в петушках, приводящие к аварии якоря.

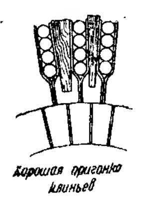
27. ПАЙКА КОЛЛЕКТОРОВ

Пайка коллекторов является одной из самых ответственных работ и требует большого навыка. Для получения хорошей пропайки необходимы следующие условия:

а) поверхности, подлежащие пайке, должны быть совершенно чисты, в большинстве случаев (по крайней мере при пайке больших коллекторов) они должны быть предварительно облужены;

б) спаиваемые поверхности должны плотно прилегать друг к другу;

в) надлежащая пригонка паяльника, обеспечивающая наибольшую площадь прикосновения к месту пайки;



Фиг. 86. Подготовка к пайке коллекторных петушков.

Фиг. 87. Клинья между петушками коллектора вставлены неправильно (клинья вставлялись сразу туго и без пропусков).

г) на поверхности паяльника, прилегающей к месту пайки, всегда должно быть олово в расплавленном состоянии, обеспечивающее интенсивную передачу тепла от паяльника.

д) применение паяльника достаточного размера и поддержание необходимой температуры;

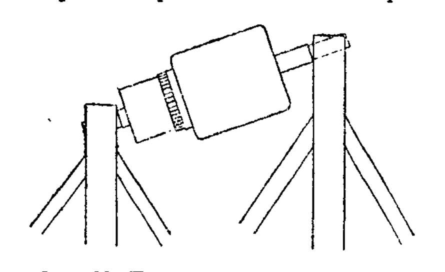
е) для пайки употреблять или чистое олово или оловянный припой, содержащий две части олова и одну часть свинца (третник).

Для плотного прилегания проводников к петушкам между петушками забиваются деревянные клинья, после чего проводники осаживаются с помощью пластинки и молотка так, чтобы они плотно прилегали друг к другу (фиг. 86).

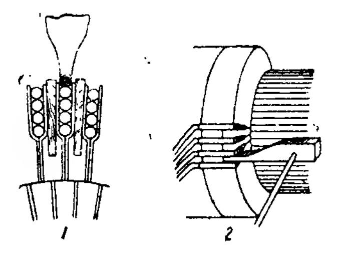
Для того чтобы при забивании клиньев петушки не отклонялись в сторону (фиг. 87), надо вставлять их не подряд, а сперва с пропусками, и не туго, затем, когда все клинья будут вставлены, их постепенно осаживают вниз, сжимая тем самым петушки. Якорь при пайке ставят в наклонное

положение, как указано на фиг. 88, во избежание протекания олова на торцевую часть коллектора, где оно может вызвать замыкание между пластинами.

На фиг. 89 изображены два способа пайки коллекторов с впаянными петушками, из которых второй способ следует предпочитать, потому что нагревание всех проводников в петушке происходит одновременно.

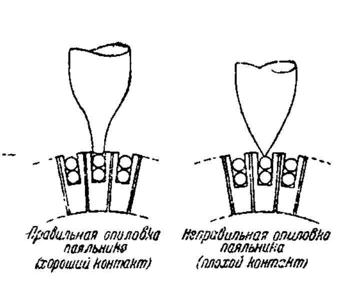


Фиг. 88. Положение якоря при пайке коллектора.

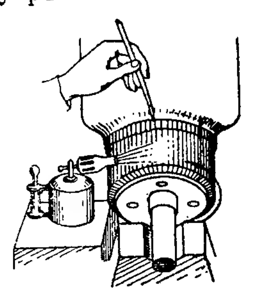


Фиг. 89. Пайка коллектора.

Приложив паяльник к нижней стороне петушка (фиг. 89), посыпают его канифолью и добавляют олово[1]. После этого по торцевой части концов водят тонким прутком олова, которое, расплавляясь, проникает внутрь.



Фиг. 90. Пайка малых коллекторов.



Фиг. 91. Пайка коллектора паяльной лампой.

Пайка считается удовлетворительной, если все промежутки будут залиты и олово покажется на задней стороне петушков.

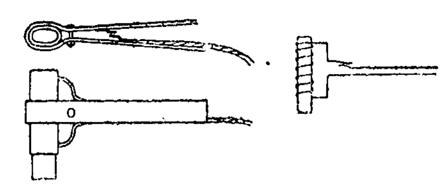
Способ пайки малых коллекторов, не имеющих впаянных петушков, показан на фиг. 90. Для пайки больших коллекторов, не имеющих впаянных петушков, количество теплоты, получаемое от паяльника, недостаточно, поэтому

[1] Кислота для пайки коллекторов и вообще при ремонте якорей, а также и для облуживания паяльника совершенно не допускается, так как она вызывает разъедание изоляции.

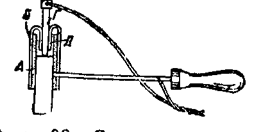
пайку приходится производить с помощью паяльной лампы (фиг. 91). Для того чтобы пропаянные ламели не подвергались дальнейшему нагреванию пламенем лампы, при котором возможно вытекание олова, якорь надо повертывать не по направлению пламени, а наоборот, как показывает стрелка.

Соблюдая это правило, мы, кроме того, ускоряем процесс пайки, так как ламели, подлежащие пайке, оказываются уже значительно подогретыми. Таким образом кроме улучшения качества получается экономия во времени.

Электропаяльники. Для пайки коллекторов и вообще при ремонте обмоток наиболее удобны электрические паяльники. Для небольших паек применяются паяльники, действующие посредством нагревательных элементов. В ка-



Фиг. 92. Электропаяльник с выключением в рукоятке.



Фиг. 93. Электропаяльник с вольтовой дугой.

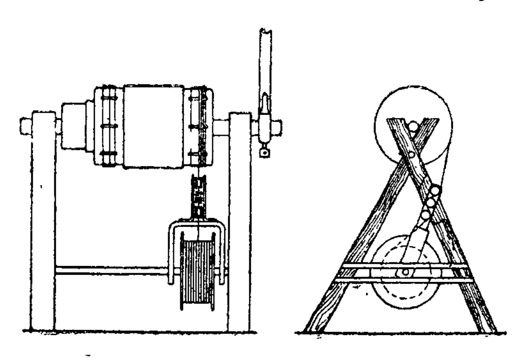
честве нагревательных элементов применяется нихромовая проволока с удельным сопротивлеиием $1{,}1 \frac{ом \cdot мм^2}{м}$. Продолжительность их службы, однако, невелика, отчасти это объясняется тем, что паяльник не выключается во время перерывов при пайке, поэтому элемент перегревается и перегорает.

Применяемый автором паяльник имеет на рукоятке контакт, автоматически выключающий ток, как только рукоятка выпускается из рук. Благодаря этому (фиг. 92) исключается возможность перегрева элемента и достигается экономия в расходе электроэнергии.

Другой паяльник, действующий посредством вольтовой дуги и применяемый преимущественно для больших паек, изображен на фиг. 93. Хотя он требует наличия трансформатора, но зато не требует дефицитных материалов и безотказен в работе. Он состоит из медного сердечника с рукояткой. Сердечник изолирован листовым асбестом *А* и заключен в железный кожух *Б*. Уголь *Г* удерживается тремя лапками *Д*, составляющими одно целое с кожухом. В момент включения уголь должен касаться сердечника, затем отводится вверх для образования вольтовой дуги, нагревающей паяльник.

28. УКРЕПЛЕНИЕ ОБМОТОК

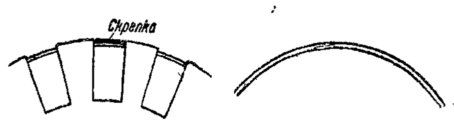
Якорные обмотки укрепляются двояким образом — посредством клиньев и бандажей. Клинья, изготовляемые из сухого твердого дерева (бук, дуб, береза и др.) и проваренные в масле, плотно загоняются в углубления, имеющиеся в пазах. Пазовая изоляция предварительно обрезается и загибается вперекрышку. При большой длине якорного сердечника в пазы забивают по два клина с обоих концов.



Фиг. 94. Намотка бандажей.

Для бандажей применяется стальная луженая проволока. При отсутствии ее пользуются старой снятой с якоря проволокой, которую предварительно нужно вычистить шкуркой.

Выровняв лобовые части, накладывают на них полоски прессшпана толщиной не менее 0,5 *мм* и, прикрепив их проволокой, подсовывают под нее тонкие пластинки из жести или луженой меди. Расстояние между пластинками делают не более 150 *мм*, но числом во всяком случае не менее шести пластинок по окружности якоря. Намотка бандажей делается или на токарном станке или на козлах, под которыми помещается катушка с проволокой и зажимами или блоками (фиг. 94) для натягивания проволоки.



Фиг. 95.

Перед намоткой конец проволоки прикрепляется к толстой бечевке, которая обматывает несколько раз якорь и затягивается первыми витками бандажей проволоки. Иногда при намотке бандажа на лобовых частях первые витки от осадки обмотки ослабевают. В таких случаях надо или перемотать бандаж снова или снять ослабевшие витки.

Намотав соответствующей ширины бандажи, загибают скрепки и пропаивают их. После этого пропаивают весь бандаж, так что он принимает вид сплошной ленты.

Большинство якорей имеют на сердечнике канавки для бандажей; при заполнении их надо следить, чтобы ни про-

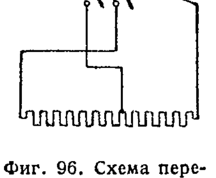
волока, ни скрепки не возвышались над поверхностью якоря. Для этого прессшпановые полоски, подкладываемые вниз, должны быть на концах срезаны, как показано на фиг. 95, а скрепки следует располагать над пазами.

При отсутствии канавок для бандажей нужно строго соблюдать прежнюю толщину бандажей и изоляции под ними, а также и прежние места расположения их.

29. ПРОПИТКА И ПОКРЫВАНИЕ ЛАКОМ. СУШКА

Пропитка обмоток и покрытие лаком делается для предохранения их от проникновения влаги, которая, как известно, понижает электрическую прочность изоляционных материалов.

Перед пропиткой изделия подвергаются сушке в особых сушильных шкафах при температуре 100—110° С в течение 6—8 час. и более, смотря по размерам изделий.



Фиг. 96. Схема переключения нагревательных элементов на последовательную и параллельную работу.

Воздух в сушилке должен непрерывно обновляться во избежание насыщения его влагой, испаряемой просушиваемыми обмотками. Для этого сушильный шкаф снабжается маленьким вентилятором или вытяжной трубой.

Высушенный предмет тотчас же погружается в горячем состоянии в лак и держится в нем до прекращения выделения пузырьков воздуха или пока предмет не охладится до температуры лака. После этого вынимают изделие, и когда лак стечет, ставят его опять в сушильный шкаф.

После просушки пропитанных лаком изделий они покрываются еще раз лаком, но уже в холодном состоянии, чтобы получить более толстый слой лака; затем следует вторичная сушка.

Сушильный шкаф нагревается или посредством змеевиков, наполняемых паром, или электрических нагревательных элементов. В последнем случае для ускорения сушки рекомендуется делать включение нагревательных элементов по схеме, изображенной на фиг. 96. Сопротивление разделено на две равные части. Сперва при включении рубильника на нижние контакты обе половины работают параллельно, а после того, как шкаф прогреется, рубильник переключается на верхние контакты для последовательной работы сопротивлений. Снаружи шкаф обивается асбестом.

В тех случаях, когда из-за больших размеров изделий или при ремонте машин на месте нельзя воспользоваться

ТАБЛИЦА

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ [1]

Номер лака и завод-изготовитель	Характер сушки	Время сушки при 100° С	Электрическая прочность *кв/мм*	Область применения	Прочне данные
851 ХЭМЗ	Воздушная сушка	40 мин.—1 ч.	35—50	Покровный, главным образом для обмоток машин	Негигроскопичный; хрупкий
316 „Красный маляр" треста Лакокраска	„ „	50 мии.—1 ч. 1 ч.—10 мин.	15—25	Употребляется как покровный	Хрупкий, более гигроскопичный, чем 851
158 ХЭМЗ	Легкая печная сушка	2—3 часа	40—55	Употребляется как покровный, отделочный и для пропитки обмоток, для придания им противосырости	Хрупкий, малогигроскопичный
462 ХЭМЗ	„ „ „	3—5 час.	—	Употребляется как пропиточный для обмоток и клеющий (для слюдяных изделий)	Эластичный
319 „Красный маляр" треста Лакокраска	Длительная печная сушка	6—12 час.	45—60	Употребляется как пропиточный	Весьма эластичный и малогигроскопичный
842 ХЭМЗ	„ „ „	9—14 час.	35—50	Употребляется как пропиточный для полюсных катушек	Малогигроскопичный и весьма эластичный

[1] Заимствована из „Справочной книги электромонтера".

сушильной печью, все применяемые при ремонте изоляционные материалы и секции должны быть предварительно пропитаны и просушены, а по окончании ремонта покрыть обмотку быстросохнущим лаком, например, лаком № 316, „Лакокраски“ или еще лучше № 851 ХЭМЗ.

Ниже приведена таблица, показывающая характеристику применяемых лаков. В четвертой графе этой таблицы дана электрическая прочность слоя лака, т. е. пробивное напряжение в тысячах вольт (*кв*) на толщину в 1 *мм*.

30. ИСПЫТАНИЕ ЯКОРЯ. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТ

По окончании сушки якорь испытывается высоким напряжением на пробивание и на испытательном электромагните на отсутствие междувиткового замыкания.

ТАБЛИЦА

ЗНАЧЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Наименование машины	Испытательное напряжение
Машины мощностью менее 1 *квт*	Двойное номинальное напряжение + 500 *в*
Машины мощностью от 1 *квт* и выше с напряжением меньше 6 000 *в*	Минимальное напряжение 1 000 *в* Двойное номинальное напряжение + 1 000 *в*

Величина напряжения выбирается согласно приведенной выше таблице.

Если при ремонте машин исправляется только часть обмотки, а остальная часть оставлена нетронутой, то такую машину достаточно испытать на двойное рабочее напряжение. Испытание высоким напряжением длится не более 1 мин., причем напряжение повышается медленно.

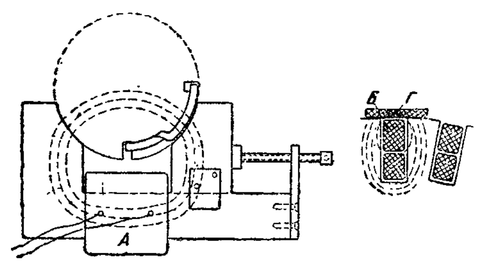
При ремонте машин, производимом на месте, когда не имеется возможности воспользоваться высоким напряжением, применяется линейное напряжение, например, 440—380 *в* или в крайнем случае 220—120 *в*. В этом случае в испытательную сеть включают последовательно одну, две или три лампы, смотря по напряжению сети. Но такой способ проверки изоляции не всегда дает положительные результаты.

Наконец, для проверки изоляции можно воспользоваться меггером, представляющим собой маленькую динамомашину переменного тока. Шкала его показывает сопро-

тивление в миллионах *ом*. Требования, предъявляемые к машинам в отношении сопротивления изоляции, различны; чем выше напряжение испытуемой машины, тем больше должно быть и сопротивление изоляции.

При испытании изоляции меггером принято считать удовлетворительной такую изоляцию, когда на 1 *в* напряжения машины приходится 1 000 *ом*, т. е. если, например, испытываемая машина имеет напряжение 500 *в*, то сопротивление изоляции обмоток должно быть не менее $500 \cdot 1\,000 = 0{,}5$ *мгом*.

Испытание на электромагните. Междувитковое замыкание, а также замыкание между отдельными секциями может быть обнаружено с помощью электромагнита, питаемого переменным током (фиг. 97). При пропускании переменного тока через обмотку *А* электромагнита в нем возникает переменный магнитный поток, который, проходя через железо испытуемого якоря, возбуждает в витках якорной обмотки э. д. с.



Фиг. 97. Испытание якоря электромагнитом.

Если в какой-нибудь секции, например, в секции *Б* имеется замыкание, то по ней проходит сильный ток, нагревая ее, а железная пластинка *Г*, поднесенная к пазу, в котором помещается сторона неисправной секции, будет притягиваться вследствие сильного магнитного поля вокруг короткозамкнутых проводников.

Таким образом этот прибор вместе с якорем является трансформатором, в котором имеются две обмотки: первичная — это катушка электромагнита, а вторичная — якорная обмотка.

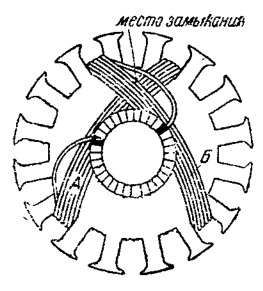
Если якорная обмотка исправна, то по ней не проходит ток, так как э. д. с. компенсируют друг друга.

При испытании якорь надо повернуть несколько раз так, чтобы охватить все секции и те пазы, в которых притягивается пластина, отметить мелом.

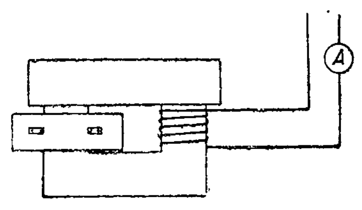
Посредством электромагнита можно определить не только замыкание в обмотке вообще, но и характер замыкания, т. е. междувитковое или между секциями. Так, например, если в якоре с четырехполюсной последовательной обмоткой при испытании на электромагните будут отмечены два паза, то это означает междувитковое замыкание в секции, занимающей эти пазы (фиг. 39), а при обнаружении

притяжения пластинки в четырех пазах замыкание между секциями (фиг. 38).

Очень часто случается, что при испытании якорей притяжение пластинки обнаруживается во всех или почти во всех пазах. Но это не значит, что замыкание имеется во многих местах. В таких случаях для того, чтобы определить, какие секции замкнуты, нужно отпаять все верхние концы и посредством контрольной лампы опробовать каждую ламель со всеми остальными. При этом обычно оказывается, что замыкание имеется только между двумя секциями, расположенными более или менее на значительном расстоянии друг от друга. Это особенно часто наблюдается в ручных двухполюсных обмотках, в частности, у якорей автомобильных динамомашин.



Фиг. 98. Определение места замыкания.



Фиг. 99. Испытание полюсной катушки на витковое.

Так, например, если контрольная лампа загорается при присоединении ее к заштрихованным на фиг. 98 ламелям, от которых отпаяны верхние концы, то можно с уверенностью сказать, что замыкание имеется в месте скрещивания секций *А* и *Б* (у этих якорей отсутствуют изоляционные прокладки).

Испытание полюсных катушек и якорных секций на междувитковое замыкание делается на электромагнитах, изображенных на фиг. 99.

При наличии замыкания амперметр, включенный в цепь электромагнита, покажет большую силу тока, чем при отсутствии замыкания.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

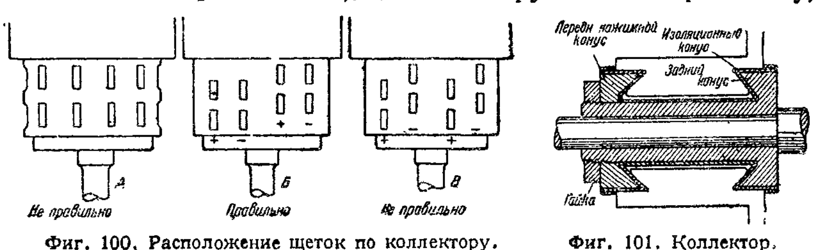
РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ НОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

31. РЕМОНТ КОЛЛЕКТОРА

Причины порчи. Большинство неисправностей в электрических машинах сопровождается искрением на коллекторе. В самом деле, плохая пригонка щеток к коллектору, несоответствующий сорт или размер их, отсутствие должной

щеточной арматуры, неправильная установка щеток, сработка подшипников, неисправности в якорной обмотке и магнитных катушках, неправильное соединение дополнительных полюсов и т. п., все это отражается на коллекторе в виде искрения и чрезмерного нагревания.

Поверхность коллектора вследствие выплавления частичек меди делается шероховатой и неровной, что еще более увеличивает искрение, и, наконец, коллектор обтачивают на станке. К обточке коллектора следует прибегать только в крайних случаях, так как это значительно сокращает срок его службы. Коллектор иногда протачивают потому, что он неравномерно снашивается благодаря неправильно расставленным щеткам (фиг. 100 А), (одна за другой, а не вразбежку)



Фиг. 100. Расположение щеток по коллектору.

Фиг. 101. Коллектор.

и после проточки оставляют щетки на прежних местах. Расстановка щеток, изображенная на фиг. 100 В, является также неправильной, потому что износ коллектора щетками (+) и щетками (—) неодинаков и поэтому надо по одной кольцевой дорожке ставить одинаковое количество щеток (+) и (—) (фиг. 100 Б).

Ремонт ламелей. Если по какой-либо причине обрыв в якорной обмотке не был своевременно ликвидирован и на коллекторе вследствие этого образовались глубокие прогары, тогда приступают к ремонту коллектора. Отпаяв концы, присоединенные к пострадавшим ламелям, и отняв передний нажимной конус (фиг. 101), вынимают их, вставляя одновременно на их место соответствующей толщины клинья, которые не допустят смещения остальных ламелей, могущих затруднить обратное вставление ламелей после ремонта. Сторона ламели, на которой в результате искрения выгорела медь, спиливается, на это место приклепывается с пропайкой соответствующей толщины медная пластинка и опиливается (фиг. 102). После этого отрезают изоляционную прокладку прямоугольной формы, и заложив ее между ламелями, вырезают в ней „ласточкин хвост,“ после чего ламели вместе с прокладкой вставляют на прежнее место.

Ремонт изоляционных конусов и прессовка коллектора. Иногда выгорание изоляции между ламелями происходит не на наружной поверхности коллектора, а внутри на поверхности, прилегающей к миканитовому конусу, причем нередко прогорает и миканитовый конус. Для исправления дефекта поступают следующим образом:

Допустим, что в результате выгорания изоляции несколько пластин соединены на корпус. Отняв передний конус и убедившись, что неисправность имеется на заднем (например) конусе, вынимают замеченные ламели для наложения на прогоревшее место заплатки. Для этого вырезают вокруг прогоревшего места изоляцию на нажимном конусе до металла и приклеивают с шеллаком с помощью нагретого железа точно пригнанный кусочек слюды *А*. Но для того, чтобы избежать сквозных швов вынимают еще по 2—3 ламели (в обе стороны) и, вырезав изоляцию до половины толщины, наклеивают другую заплатку *Б* (фиг. 103).

После этого вставляют обратно вынутые ламели, надевают передний конус и закрепляют его, осаживая одновременно несильными ударами молотка вставленные ламели. Когда коллектор спрессуется, испытывают изоляцию между ламелями и на корпус и, наконец, припаивают концы и протачивают коллектор.

Прессовку коллектора после ремонта посредством нажимного конуса нельзя, однако, считать совершенной. Бывают случаи, когда винтовая нарезка на коллекторной втулке или на гайке не выдерживает требуемого усилия и портится. Кроме того, нет гарантии в том, что изоляция на конусах останется неповрежденной. Поэтому следует предпочитать другой способ — прессовку железными хомутами.

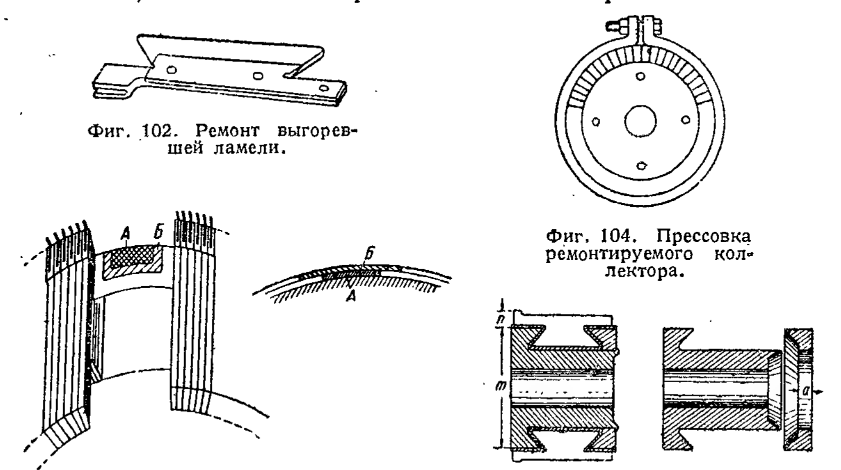
При этом способе, прежде чем отнимать нажимной передний конус, надо отковать железный хомут и стянув его с прокладкой 1—2 *мм* проточить, сделав внутренний диаметр его равным диаметру коллектора (фиг. 104). Прокладка, закладываемая при проточке хомута, нужна для того, чтобы иметь некоторый запас при стягивании коллектора.

Обычно в ремонтных мастерских имеется набор различных хомутов, достаточно лишь подобрать хомут соответствующего размера, причем, если окажется, что внутренний диаметр несколько велик, то для уменьшения его подбирается соответствующей толщины железная полоска.

Если известно, что ремонту подлежит передний изоляционный конус, то опрессовка вообще отпадает, но необходимо прежде, чем отнимать нажимной конус, наложить на коллектор проволочный бандаж.

Некоторые коллекторы малых размеров имеют крепление нажимных конусов посредством развальцовки втулки (фиг. 105). Ремонт таких коллекторов значительно сложнее. В некоторых случаях приходится снимать втулку, а иногда разбирать и обмотку.

Распрессовка производится срезанием на токарном станке развальцованной части, после чего втулка или должна быть заменена новой или же конец ее вновь растачивается так, чтобы после ремонта коллектора можно было



Фиг. 102. Ремонт выгоревшей ламели.

Фиг. 103. Способ ремонта миканитового конуса.

Фиг. 104. Прессовка ремонтируемого коллектора.

Фиг. 105. Крепление конусов посредством развальцовки.

вновь сделать развальцовку. В последнем случае приходится уменьшать посредством проточки соответственно и толщину нажимного конуса, т. е. уменьшать размер *а* (фиг. 105). При снятии и насадке коллектора с втулкой следует по возможности избегать применения молотка, чтобы не разбить втулку или не погнуть вал. Рекомендуется вместо этого применять приспособление, изображенное на фиг. 30.

Замыкание в коллекторах, имеющих петушки. В коллекторах, имеющих петушки, часто наблюдается замыкание на задней торцевой части коллектора, происходящее от проникновения туда через петушки медноугольной пыли, которая, покрывая собой изоляцию, является мостиком, соединяющим между собой ламели и корпус.

Мерами предупреждения является, во-первых, покрывание торцевой части коллектора и втулки эмалью, во-вторых, продувание якоря струей воздуха или ручным мехом.

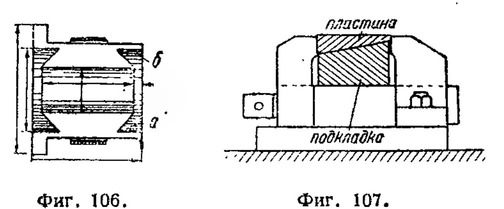
Способ ремонта зависит от того, насколько велико повреждение. Если замыкание выражается в пробегании

искр или небольшими вспышками, то достаточно отпаять в нескольких местах концы и отогнуть их, чтобы открыть доступ внутрь и затем тщательно прочистить и удалить пыль, после чего покрыть эмалью торцевую часть коллектора и втулку.

32. ИЗГОТОВЛЕНИЕ НОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Изготовление пластин и прессовка коллектора. Способы изготовления коллекторов в ремонтных мастерских значительно сложнее, чем на заводе, главным образом из-за отсутствия меди фасонного сечения. Коллекторные машины в мастерских обычно делают из полосовой или листовой меди.

Прежде чем снять с втулки изношенный коллектор наматывают на него проволочный бандаж. Затем снимают его и не рассыпая зарисовывают эскиз (фиг. 106), нанося на нем размеры, которые будут нужны для расточки нового коллектора. Заготовив затем пластины, обстрагивают их, причем, если медь не имеет запаса по толщине и имеет ровные боковые поверхности, то обстрагивается только одна сторона. Для получения требуемого профиля сечения пластин обычно поступают таким образом.



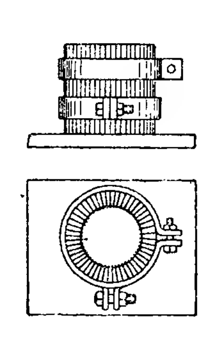
Фиг. 106. Фиг. 107.

Выстрагивают клинообразные подкладки с таким расчетом, чтобы верхняя сторона пластины, вынутой из коллектора (фиг. 107) и положенной на эту подкладку, была параллельна столу станка, т. е. совпадала с горизонтальной плоскостью. Обстрагиваемая медная пластина плотно прижимается к подкладке и зажимается тисками. Сняв резцом один слой, строгают другую пластину, потом третью и т. д. Затем проходят вторую стружку и, если нужно, третью. Для получения у всех пластин одинаковой толщины и гладкой поверхности последнюю стружку следует брать мелкую. При таком способе изготовления достигается большая точность, хотя для большей уверенности необходимо проверять каждую обстроганную пластину шаблоном, сделанным по образцовой пластине.

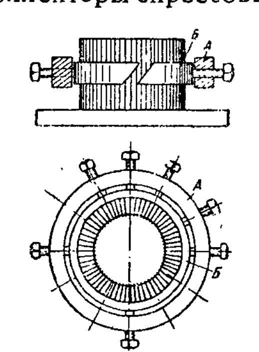
В случае небольшой длины коллектора пластины делают двойной длины и после обстрожки разрезают их на две. Для ответственных машин такой способ не рекомендуется, поэтому надо получить медь соответствующего профиля с кабельного завода.

После того как пластины изготовлены, нарезают из твердого миканита прокладки, равные по толщине старым (обычно 0,8 *мм*) и, собрав коллектор на ровной плите (фиг. 108), стягивают его хомутом. При большой длине коллектора применяется два хомута. Большие коллекторы спрессовываются винтами, проходящими сквозь массивное кольцо *А* (фиг. 109), и стягивающими разрезанное наискось кольцо *Б*.

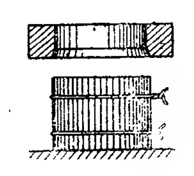
После прессовки коллектор нагревается до 150° в сушилке и прессовка повторяется, а когда коллектор охладится, следует прессовку повторить еще раз, так как медь при нагревании расширяется больше железа. Малые коллекторы спрессовы-



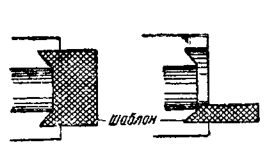
Фиг. 108. Прессовка коллектора хомутами.



Фиг. 109. Прессовка коллектора посредством кольца и винтов.



Фиг. 110. Прессовка малых коллекторов.



Фиг. 111. Применение шаблонов при расточке коллекторов.

ваются следующим образом: собранный коллектор стягивается туго железной проволокой. Затем вытачивается стальное кольцо, имеющее с одного конца расточку на конус (фиг. 110) и под прессом насаживается на коллектор. Подогревание в этом случае не делается.

Обточка коллектора. Стянутый коллектор растачивается на токарном станке. Выточка конусов делается по шаблону *а* или *б* (фиг. 111), тщательно сделанному по старому коллектору. Во избежание заусенцев последняя стружка должна быть очень тонкая и должна сниматься очень острым резцом.

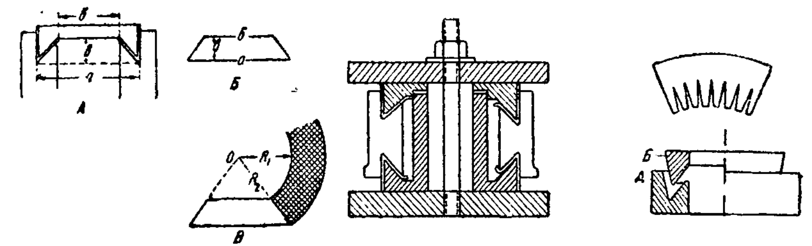
Изготовление изоляционных конусов. При изготовлении и ремонте коллекторов надо стараться сохранить старые изоляционные конусы и только в крайних случаях заменяют их новыми; при этом поступают следующим образом:

Измеряют диаметр *а* и *б* и высоту *в* у коллектора (фиг. 112, *А*) и наносят их на картон (фиг. 112, *Б*). Затем продолжают боковые стороны до пересечения и из точки

O (фиг. 112, *В*) радиусами R_1 и R_2 проводят окружности. Заштрихованная полоса и будет служить выкройкой, по которой вырезают миканитовые полоски. Уложив их на коническую поверхность коллектора, накладывают второй, потом третий и т. д. пока не получится требуемая толщина (1,5—2 *мм*). Каждый последующий слой приклеивается к предыдущему жидким шеллаком.

Для цилиндрической поверхности вырезаются прямоугольные полоски.

После этого следует прессовка конусов с помощью приспособления, изображенного на фиг. 113.



Фиг. 112. Выкройка изоляции для конусов.

Фиг. 113. Прессовка конусов.

Фиг. 114. Способ изготовления миканитовых конусов.

Другой способ состоит в следующем:

Из листового миканита толщиной около 0,2 *мм* делают заготовки (фиг. 114) и закладывают в металлическую форму *А*, загибая разрезанные части так, чтобы образовать внутренний конус.

Уложив первый слой, накладывают на него второй, третий и т. д., но так, чтобы вырезы не совпадали. Каждый слой приклеивается к предыдущему жидким шеллаком. После этого конус спрессовывается посредством давления на кольцо *Б* и разогревается в сушилке, после чего еще раз спрессовывается, пока не будут удалены излишки шеллака.

Для того чтобы миканит не приклеился к железным формам, он обкладывается бумагой, покрытой слегка воском или парафином.

Иногда из-за отсутствия миканита и шеллака конусы делаются из прессшпана, но это не рекомендуется делать для ответственных машин.

Качество такого коллектора, конечно, значительно хуже, так как от высокой температуры прессшпан обугливается и, кроме того, плохо противостоит сырости.

После постановки коллектора на втулку обтачивают наружную цилиндрическую поверхность и профрезировы-

вают или пропиливают ножовкой канавки для концов якорной обмотки или петушков.

Расчет профиля коллекторных пластин. В ремонтные мастерские иногда поступают якори без коллекторов и даже без образцовых пластин. Отсутствие старого образцового коллектора не только удорожает работу, но иногда является причиной недоброкачественной работы.

При отсутствии образцовых пластин рекомендуется поступать таким образом.

Определяют по коллекторной втулке внутренний и наружный диаметр коллектора. Внутренний диаметр должен быть увеличен на двойную толщину изоляции от втулки, т. е. примерно на 3 *мм*. Наружный диаметр делается приблизительно равным диаметру m фиг. 105 плюс удвоенная высота n, которая у малых нормальных машин равна 12—15 *мм*, а у средних 15—20 *мм*.

Длину коллекторных пластин легко определить по щеткодержателям, вставив для этого якорь в передний подшипниковый щит с траверсой.

Профиль „ласточкина хвоста“ определяется по шаблону, пригоняемому точно по втулке с учетом толщины изоляции.

Допустим, что наружный диаметр равен 150 *мм*, а внутренний 100 *мм*. Прибавив на обточку той и другой поверхности по 6 *мм*, получим наружный диаметр 156, а внутренний 94 *мм*.

Тогда длина наружной окружности коллектора до обточки будет равна

$$3{,}14 \cdot 156 = 490 \text{ мм},$$

а внутренней

$$3{,}14 \cdot 94 = 295 \text{ мм}.$$

Пусть количество пластин, подсчитанное по числу верхних концов, равно 75.

Тогда толщина пластины (вместе с изоляционной прокладкой) по наружной поверхности коллектора будет равна

$$\frac{490}{75} = 6{,}53 \text{ мм},$$

а толщина пластины с изоляцией по внутренней поверхности коллектора

$$\frac{295}{75} = 3{,}93 \text{ мм}.$$

Вычтя толщину изоляционной прокладки, получим соответственно

$$6{,}53 - 0{,}8 = 5{,}73 \text{ мм и } 3{,}93 - 0{,}8 = 3{,}13 \text{ мм}.$$

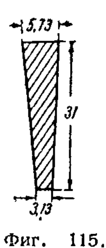
Ширина пластины равна $\frac{D_{нар} - D_{внут}}{2}$,

т. е.

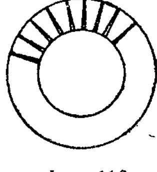
$$\frac{156-94}{2} = \frac{62}{2} = 31 \text{ мм}.$$

Таким образом определился профиль пластин (фиг. 115).

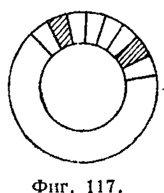
Совершенно очевидно, что точность выполнения профиля пластины имеет большое значение. Допустим, что при строжке их допущена ошибка на несколько сотых *мм*, например, вместо 3,13 *мм* (фиг. 115) получилось 3,10 *мм*. В таком случае коллектор спрессуется хорошо только около наружной цилиндрической поверхности (фиг. 116) и при первой обточке крепление пластин ослабнет и потребует дополнительного подтягивания. Допущенную ошибку можно исправить таким



Фиг. 115. Профиль коллекторной пластины.



Фиг. 116.



Фиг. 117.

образом. Вынуть из собранного коллектора несколько пластин в разных местах и заменить их другими с меньшим конусом, как это показано на фиг. 117.

Изготовление коллектора кустарным способом является одной из самых трудных операций и должно доверяться только опытным мастерам. Изготовление же пластин посредством опиловки или ковки, как это иногда практикуется, совершенно недопустимо.

Применение прессшпана в качестве прокладок между ламелями не рекомендуется из-за его гигроскопичности и способности обугливаться при высокой температуре во время пайки.

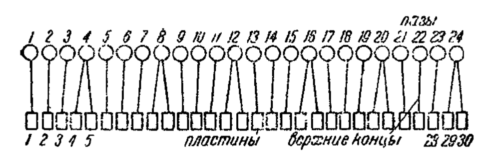
33. ЗАМЕНА СРАБОТАВШИХСЯ КОЛЛЕКТОРОВ

Как видно из предыдущего, замена сработавшегося коллектора новым в условиях ремонтной мастерской—дело довольно сложное и требует много времени. Положение осложняется еще тем, что для изготовления коллектора требуются дефицитные материалы (медь, слюда, шеллак).

Ввиду этого следует попытаться подобрать из имеющихся в запасе коллекторов приблизительно подходящий по размерам и количеству пластин.

Из приведенных ниже трех примеров в двух первых новые коллекторы имеют на 6 пластин больше, чем заменяемые. Следовательно, при одном и том же приблизительно диаметре старого и нового коллекторов пластины в новом коллекторе несколько тоньше, чем в старом, и контактная поверхность между пластиной и щеткой также соответственно уменьшается. Но ввиду того что эта разница незначительна, ею можно пренебречь.

Пример 1. Старый коллектор, подлежащий замене, имеет 87 пластин, а подходящий по размерам коллектор имеет 93 пластины. Следовательно, 6 лишних пластин приходится оставить холостыми. Они должны распределяться по коллектору в разных местах на равном расстоянии друг от друга.

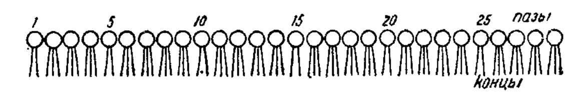


Фиг. 118.

Каждую из этих пластин соединяют с одной из соседних, например, с правой (нельзя соединять одну с правой, а другую с левой) пластиной.

Если число лишних пластин совпадает с числом полюсов машины, то замена коллектора не сказывается на работе машины.

Пример 2. Кроме замены коллектора, имеющего 24 пластины, требуется также и перемотка якоря. В распоряжении мастерской имеется коллектор, в котором число пластин равно 30. Число пазов в якоре равно 24, следовательно, из каждого паза в верхнем слое обмотки выходило по одному концу.



Фиг. 119.

Для того чтобы использовать все 30 пластин нового коллектора, очевидно, надо из некоторых шести пазов выпустить по два конца, а из остальных восемнадцати пазов по одному концу и тогда получим всего

$$(6 \cdot 2) + (18 \cdot 1) = 30 \text{ концов (фиг. 118).}$$

Число проволок в пазу надо оставить неизменным. Но в таком случае шесть секций, верхние стороны которых помещены в пазах *4, 8, 12, 16, 20,* и *24* должны иметь число витков в два раза меньше, чем остальные секции.

Пример 3. Старый, сработавшийся коллектор имеет 87 пластин. Как поступить, если имеется возможность использовать подходящий по размерам коллектор, в котором количество пластин равно 81, при одновременной перемотке якоря, имеющего 29 пазов.

Если сделать обмотку по-старому, т. е. сделать катушки в три проводника, то получим всего $3 \cdot 29 = 87$ концов. Но тогда получилось бы 6 лишних концов, так как новый коллектор имеет только 81 пластину.

Для того чтобы не уменьшать количество якорных проводников, нужно поступить так: 23 катушки делают в три проводника, а шесть катушек в два проводника и тогда получится $(23 \cdot 3) + (6 \cdot 2) = 81$ конец.

Номера пазов, занимаемых верхними сторонами катушек, намотанных в два проводника, могут быть *1, 5, 10, 15, 20* и *25*. Из остальных пазов выходят по три конца (фиг. 119).

Число витков в шести катушках ,сделанных в два проводника, должно быть в $\frac{3}{2}$ раза больше, чем у остальных катушек.

Если, например, нормальные 23 катушки имеют по четыре витка, то шесть катушек должны иметь $4 \cdot \frac{3}{2} = 6$ витков.

Тогда число проволок во всех катушках будет одинаково, а именно

$$3 \cdot 4 = 2 \cdot 6 = 12.$$

Значительное увеличение числа витков в катушках обмотки за счет уменьшения числа пластин коллектора недопустимо, так как щетка, перекрывая две пластины, будет замыкать накоротко соответственно большее число витков. Вследствие этого э. д. с. самоиндукции, возникающая в короткозамкнутой катушке, также значительно увеличивается и под щетками может появиться сильное искрение.

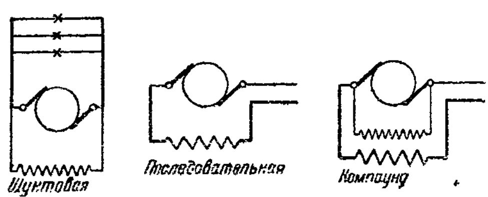
ГЛАВА СЕДЬМАЯ

РЕМОНТ И ПЕРЕМОТКА МАГНИТНЫХ КАТУШЕК

34. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Магнитные катушки по своему назначению разделяются на катушки главных полюсов, создающие основное магнитное поле, и катушки добавочных полюсов, служащие для улучшения коммутации (машины старого выпуска добавочных полюсов не имеют).

Главные катушки в зависимости от схемы соединения машины бывают шунтовые и последовательные. Первые присоединяются параллельно к якорю, а вторые последовательно (фиг. 120).



Фиг. 120. Схемы возбуждения.

Шунтовые катушки делаются из большого количества витков тонкой проволоки. Имея большое сопротивление, они потребляют соответственно малый ток (см. табл. 10 в конце книги). Последовательные катушки, наоборот, состоят из небольшого количества витков толстой проволоки и через них проходит весь якорный ток.

Некоторые машины имеют так называемое смешанное возбуждение (компаунд), при котором главные полюса снабжены и шунтовой и последовательной обмоткой (фиг. 120).

Благодаря тому, что полюсные катушки являются неподвижными, а напряжение между соседними витками в

них ничтожно, неисправности в катушках случаются сравнительно редко. Во всяком случае можно считать, что неисправности катушек имеют место, главным образом, вследствие упущений в эксплоатации машин. Так, например, нередки случаи, когда с якоря снимают вентилятор, отчего температура обмоток значительно повышается, а изоляция (оплетка на проволоке) благодаря этому приходит в негодность. Повреждение изоляции катушек происходит также вследствие дрожания катушек при слабом креплении их на полюсе или машины на фундаменте.

35. СОЕДИНЕНИЕ С КОРПУСОМ

При обнаружении соединения с корпусом в цепи возбуждения нужно разъединить между собой катушки и посредством контрольной лампы определить, какая из них неисправна.

Отвернув после этого полюс и сняв катушку, изолируют оголенные проводники.

В катушках, намотанных на железный каркас, соединение с корпусом чаще всего наблюдается в углах или в месте соединения боковой стенки и каркаса с внутренним фланцем. В первом случае требуется перемотка, во втором достаточно бывает изолировать место слюдяной прокладкой, предварительно подготовив для нее место посредством острого деревянного клина.

36. МЕЖДУВИТКОВОЕ ЗАМЫКАНИЕ

Магнитные катушки рассчитываются на определенное число ампервитков (амперы × число витков). Если часть витков в какой-нибудь катушке будет замкнута, то ток пойдет, минуя их, иначе говоря, количество действующих витков в этой катушке уменьшится. Но сила тока при последовательном соединении катушек будет во всех катушках одинаковая. Таким образом полюс с неисправной катушкой получит меньшее насыщение, чем остальные; магнитное поле машины будет несимметричным и под щетками появится искрение.

Если в катушке замкнуто небольшое количество витков (не более 5%), то эта неисправность почти не отражается на работе машины.

Междувитковое замыкание можно определить следующими способами:

1. Замкнутая катушка имеет меньший нагрев, чем исправная; при большом количестве замкнутых витков разница в температурах может быть легко обнаружена наощупь.

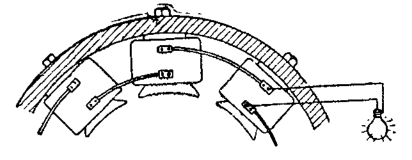
2. Напряжение на клеммах замкнутой катушки меньше, чем у остальных. Поэтому, если при прохождении тока по катушкам проверить напряжение на клеммах каждой из них посредством контрольной лампы, то по накалу лампы можно обнаружить неисправную катушку (фиг. 121).

Междувитковое замыкание происходит:

1. От перегрева катушек.

2. В катушках, намотанных из проводника прямоугольного сечения, от повреждения изоляции на переходах из одного ряда в следующий ряд.

3. В катушках, сделанных из тонкой проволоки (особенно в слабо намотанных), между первыми витками и последними, перемешанными во время изолировки и выгибания катушек.



Фиг. 121. Определение неисправных катушек по накалу лампы.

4. От слишком сильного нажатия катушек полюсами к корпусу машины, когда высота катушек сделана слишком большой.

5. От недостаточной изолировки внутреннего выводного конца от наружных витков.

Междувитковое замыкание иногда удается устранить без перемотки катушки; для этого достаточно бывает изолировать оголенные места посредством подкладки промасленного полотна или прессшпана. Исключение составляют катушки, в которых замкнуто большое количество витков, например, от перегрева. По наружному осмотру эти катушки кажутся совершенно исправными; между тем, изоляция на внутренних витках, находящихся в худших условиях в смысле охлаждения, оказывается истлевшей Единственный способ ремонта—это перемотка новой проволокой. Однако и перемотанная катушка может прослужить весьма непродолжительный срок, если не будет устранена причина, вызвавшая перегрев.

Пример. Одна из катушек двухполюсной машины сильно грелась и как неисправная отправлена в ремонт; другая же негреющаяся оставлена как исправная. Нетрудно убедиться, что в данном случае допущена ошибка.

Рассуждаем так: обе катушки соединены между собой последовательно, поэтому через них проходит один и тот же ток.

Если одна из них греется больше, то, очевидно, она имеет большее омическое сопротивление, нежели другая, так как выделение тепла пропорционально сопротивлению. Но сопротивление в ней не могло увеличиться, поэтому надо заключить, что уменьшилось сопротивление негреющейся катушки, а это означает, что в ней имеется междувитковое замыкание.

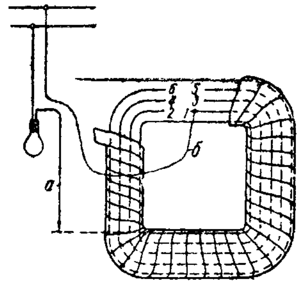
Кроме того, благодаря уменьшению общего сопротивления катушек увеличился проходящий по ним ток, что и послужило причиной перегрева

незамкнутой катушки, так как выделение тепла пропорционально квадрату тока.

Совершенно ясно, что перемотанная катушка будет греться, если не исправить другую негреющуюся катушку, которая иногда ошибочно считается исправной.

37. ОБРЫВ

Обрывы наблюдаются преимущественно в катушках, сделанных из тонкой проволоки. Они происходят, главным образом, в результате перегорания проволок при корпусном или витковом замыкании или плохого прикрепления выводных концов. Но не исключаются случаи, когда обрыв бывает в соединениях между катушками, например, плохой контакт в клеммах, на что и следует обратить внимание в первую очередь, прежде чем отвертывать полюса и снимать катушки.



Фиг. 122. Способ устранения обрывов без выключения витков.

Найдя неисправную катушку, надо снять с нее внешнюю изоляцию и убедиться, не отломались ли клеммы или выводные концы. В последнем случае для исправления дефекта и предупреждения повторения его необходимо припаять более длинные концы из многожильного кабеля и обогнуть ими катушку, сделав, по крайней мере, один целый оборот и прочно прикрепив их бечевкой.

Когда в результате замыкания перегорело несколько проволок, то, ликвидируя обрывы, надо восстановить соединение так, чтобы некоторое количество витков не оказалось выключенным. В катушках, намотанных правильными рядами, ошибки в соединениях при ремонте мало вероятны, но они почти неизбежны в катушках из тонкой проволоки, намотанных не рядами.

Для того чтобы восстановить прежнее соединение, в подобных случаях поступают следующим образом:

Допустим, что в катушке, схематически изображенной на фиг. 122, имеется три обрыва и требуется сделать соединения без потери витков. Провод *а* от контрольной лампы прикладываем к внутреннему выводному концу, а другим проводом *б* отыскиваем один из перегоревших концов в катушке, с которым зажигается лампа, и помечаем его номером первым. Перенося затем провод *а* контрольной лампы к наружному выводному концу, находим так же другой из перегоревших концов и помечаем его номером шестым.

Если теперь соединим между собой № *1* и *6*, то обрыв в катушке будет ликвидирован, но будут выключены несколько витков. Чтобы использовать все витки, найдем контрольной лампой среди других такие концы, которые зажигают лампу, в данном случае второй с третьим и четвертый с пятым. Соединять второй с третьим и четвертый с пятым нельзя, так как получим короткозамкнутые витки.

Таким образом мы не можем делать следующие соединения:

1—6
3—2
5—4

а должны, очевидно, соединять

1 с 2 или 4
3 с 4 или 6
5 с 6 или 2

Такие случаи встречаются также при ремонте якорных и статорных обмоток, где выключение витков еще более нежелательно, а замыкание их при неправильном соединении совершенно недопустимо, так как они находятся в переменном магнитном поле.

38. ПЕРЕМОТКА ШУНТОВЫХ КАТУШЕК

Перемотка полюсных катушек новой проволокой делается в тех случаях, когда изоляция на проволоке от перегрева катушек приведена в негодность.

При изготовлении новых катушек рекомендуется поступать следующим образом:

1. Выяснить прежде всего, имеется ли подходящая проволока, причем надо учитывать и толщину оплетки на проволоке.

2. Зарисовать форму, обозначить размеры и заметить расположение выводных концов или клемм (фиг. 123), сняв предварительно внешнюю изоляцию катушки.

3. Сделать деревянный шаблон (фиг. 130).

4. Обернув сердечник шаблона прессшпаном и смазав предварительно углы сердечника, приступают к намотке.

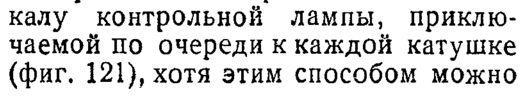
При тонкой проволоке, например, диаметром около 1 *мм* и большом числе витков укладка витков рядами и счет их не обязательны. Достаточно лишь туго наматывать и делать катушку по весу равной старой, для чего перед намоткой надо взвесить шаблон.

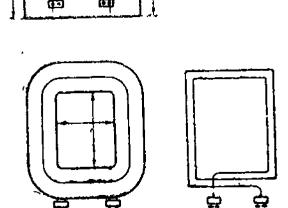
5. Убедившись, что вновь намотанная катушка имеет правильный вес и соответствующий размер, снимают ее с

шаблона, предварительно связав бечевкой, и проверяют внутренние размеры по полюсу. После этого мотают остальные катушки.

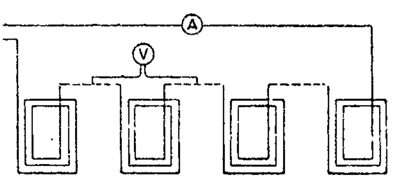
6. Прежде чем изолировать, надо соединить последовательно все намотанные катушки, включить их на нормальное, а если есть возможность под двойное напряжение постоянного тока и посредством вольтметра и амперметра определить сопротивление каждой (фиг. 124).

При отсутствии измерительных приборов можно до некоторой степени судить о равенстве сопротивлений по накалу контрольной лампы, приключаемой по очереди к каждой катушке (фиг. 121), хотя этим способом можно





Фиг. 123. Эскиз катушки и вывод концов.



Фиг. 124. Измерение сопротивления катушек по методу вольтметра и амперметра.

определить только весьма грубое расхождение в сопротивлениях катушек.

7. После того как катушки при прохождении через них тока прогреются, погрузить их в изоляционный лак и затем высушить.

8. Наконец, делается припайка выводных концов или клемм. Выводные концы должны обвертываться вокруг катушки и прочно прикрепляться в нескольких местах тонкой бечевкой.

В случае применения клемм последние для прочности припаиваются не к одному, а к нескольким последовательно намотанным виткам и, кроме того, прихватываются бечевкой. Клеммы должны быть предварительно пролужены.

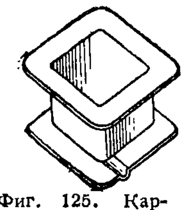
Во избежание замыкания нужно обратить особое внимание на изолировку клеммы, соединенной с внутренним концом катушки.

Во многих случаях катушки наматываются на каркас, изображенный на фиг. 125. В современных машинах каркасы делаются из листового железа.

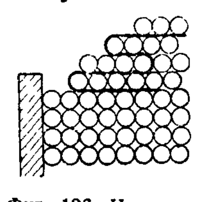
В катушках, имеющих конус (скос), наружные витки во избежание сползания удерживаются лентой, закладываемой между витками во время намотки (фиг. 126).

Расположение клемм. Некоторые катушки имеют вертикальное расположение клемм (фиг. 127). В этом случае соединение концов с клеммами во всех катушках делается однообразно и соединительные провода не перекрещиваются.

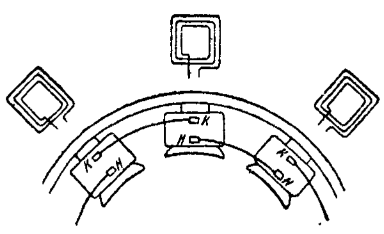
При другом способе расположения клемм (горизонтальном) (фиг. 128) половина катушек имеет (внутри) перекрещенное соединение концов с клеммами. Этим достигается то, что наружное соединение таких катушек получается не-



Фиг. 125. Каркас.



Фиг. 126. Намотка катушки, имеющей конус.



Фиг. 127. Вывод концов у катушек при вертикальном расположении клемм.

перекрещенное. Так как все катушки наматываются в одном направлении, т. е. по часовой стрелке, или все против часовой стрелки, то для получения различной полярности надо соединить между собой одноименные выводы *К* с *К* и *Н* с *Н*.

39. ПЕРЕМОТКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ И ДОБАВОЧНЫХ КАТУШЕК

Последовательные катушки, изготовляемые для мелких машин из круглой проволоки, не отличаются по способу намотки от шунтовых катушек.

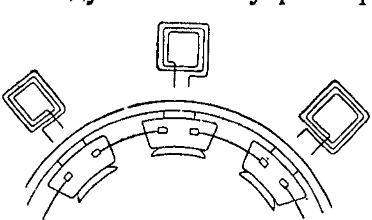
В более мощных машинах катушки делаются из провода прямоугольного сечения. При намотке катушки проводником прямоугольного сечения опасным местом в смысле повреждения изоляции являются переходы из одного ряда в другой, где оплетка на проводнике может срезаться. Поэтому в местах перехода необходимо подкладывать кусочки прессшпана или парусины.

Как бы туго ни натягивался провод во время намотки катушки, все же виток из толстого проводника не прилегает плотно к нижнему ряду. Вследствие этого катушка получается не прямоугольной формы и больших размеров. Для избежания этого при намотке витки подколачиваются с помощью деревянного или фибрового клина и молотка.

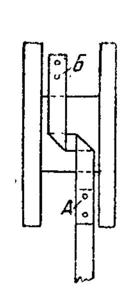
Катушки для вспомогательных полюсов у больших машин делаются из широкой медной ленты или из полосовой меди. При этом употребляется неизолированная медь, но

между витками прокладывается лента из тонкого прессшпана или миканита в зависимости от расчетной температуры нагрева.

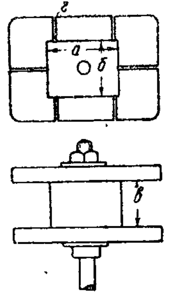
На фиг. 129 изображен особый способ намотки вспомогательных катушек с применением перегиба. В месте *А* к нему приклепывается и припаивается полосовая медь и наматывается в одну сторону; другая полоса после этого приклепывается к концу *Б* и наматывается в обратном направлении. Таким образом получается катушка из двух частей, соединенных между собой внутри перегиба *АБ*. При наличии полосы достаточной длины можно избежать склепки, сделав перегиб в середине полосы.



Фиг. 128. Вывод концов у катушек при горизонтальном расположении клемм.



Фиг. 129. Намотка катушек для вспомогательных полюсов.



Фиг. 130. Деревянный шаблон для намотки катушек.

40. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛЮСНЫХ КАТУШЕК

Ввиду большого разнообразия машин, поступающих в ремонтные мастерские, а также и потому, что перемотка катушек бывает сравнительно редко, шаблоны обычно делаются деревянные.

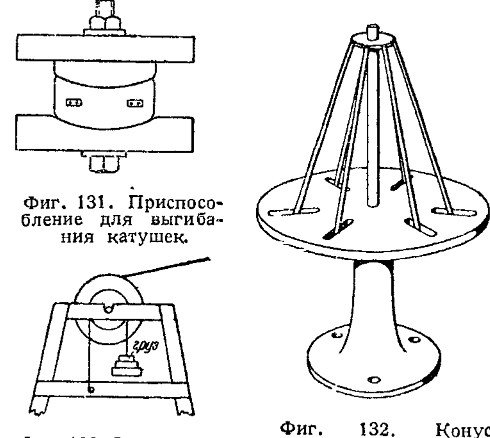
При наличии образцовой катушки форма и размеры сердечника делаются по ней. Если же шаблон делается по полюсу, то необходимо принять во внимание запас на изоляцию.

Для этого длину сердечника *а* и ширину *б* надо делать больше размеров полюса на 4—5 *мм*, а высоту *в* соответственно меньше (фиг. 130). Стороны сердечника, прилегающие к фланцам шаблона, должны быть строго параллельны и плотно прилегать к фланцам во избежание защемления проволоки при намотке катушки. Это легко выполнимо, если выстрогать сначала длинный брусок и отпилить кусок соответствующей длины.

В центре сердечника делается отверстие для оправки намоточного станка, при этом надо учесть, что если отвер-

стие будет сделано косо, то шаблон будет бить и катушка получится уродливой и размеры ее увеличатся.

Углы сердечника слегка закругляются, причем делается маленький конус, чтобы легче снять катушку.



Фиг. 131. Приспособление для выгибания катушек.

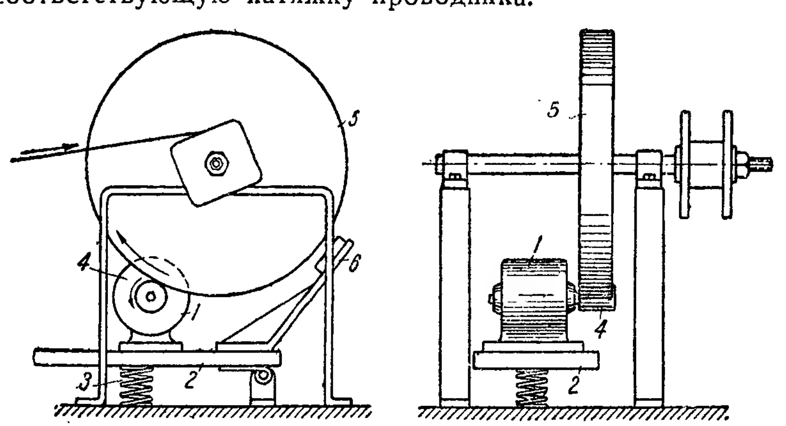
Фиг. 132. Конус для размотки проволоки.

Фиг. 133. Сматывание проволоки с катушки.

На фланцах делаются прорезы для закладывания ленты или бечевки для связывания катушки после намотки.

Некоторые катушки, как, например, изображенные на фиг. 148, имеют выгиб, который делается на приспособлении, показанном на фиг. 131.

При намотке катушек проволока сматывается с конуса, изображенного на фиг. 132, или с катушки, ось которой снабжена тормозом (фиг. 133), позволяющим делать соответствующую натяжку проводника.



Фиг. 134. Станок для намотки малых катушек.

Для выпрямления проволоки последняя при намотке катушек пропускается через зажим (фиг. 59).

Намотка малых катушек делается на станке, приводимом в движение рукой или маленьким мотором.

На фиг. 134 изображен станок, работающий от мотора мощностью около 0,2 *квт*.

Мотор *1* укреплен на доске *2*, которая посредством пружины *3* прижимает моторный шкив *4* к деревянному колесу *5*, заставляя его вращаться вместе с осью, на которую насаживается шаблон. При нажатии на конец доски мотор опускается, а колесо одновременно затормаживается посредством рычага *6*, прикрепленного к доске.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

РЕМОНТ МОТОРОВ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

41. ПРИЧИНЫ ПОРЧИ МАШИН И МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ

Моторы трехфазного тока значительно проще машин постоянного не только по устройству, но и по уходу. Тем не менее там, где уход за моторами ведется неправильно, случаи повреждения их довольно часты.

Частая разборка и чистка приносят иногда больше вреда, чем пользы, ибо нередки случаи, когда мотор оказывается неисправным именно после таких предупредительных мер. Объясняется это тем, что при сборке может быть допущен перекос подшипниковых щитов, помяты смазочные кольца и т. п., в то время как не обращается внимания на самое главное — износ подшипников.

Необходимо помнить, что зазор между статорным железом и ротором асинхронных моторов очень мал, поэтому даже незначительная выработка в подшипниках является причиной задевания ротора о статорное железо, а от трения портится обмотка.

Кроме того, бумажная изоляция между листами на поверхности статора уничтожается и появляется таким образом непрерывный тонкий проводящий слой, по которому свободно распространяются токи Фуко, повышающие потери машины.

Железо в том месте, где оно зашлифовано ротором, нагревается и после перемотки сильнее, чем в остальных местах.

В машинах постоянного тока смещение якоря из-за износа подшипников в большинстве случаев сопровождается появлением искрения на коллекторе, поэтому аварии до некоторой степени могут быть предупреждены.

В моторах же переменного тока при смещении ротора хотя и появляется более или менее сильное гудение мотора, предшествующее задеванию ротора, но из-за общего шума в цехах это гудение почти никогда не может быть обнаружено.

Таким образом единственным и верным средством предупредить порчу машины из-за подшипников—это периодическая проверка состояния подшипников и зазора между статором и ротором.

В тех случаях, когда машина выполняет особо ответственную работу, рекомендуется иметь запасные подшипники, чтобы сократить до минимума простои машины, тем более, что приобретение нужного шарикового подшипника или баббита представляет иногда весьма большие трудности.

Сравнительно реже моторы выходят из строя по другим причинам. Так, например, замыкание на корпус или „витковое" происходит у моторов, проработавших долгое время или работавших с перегрузкой, отчего изоляция обмоток теряет свои свойства.

Сырые или с резко меняющейся температурой помещения, и в особенности присутствие в помещениях кислотных испарений, равным образом являются причиной порчи обмоток.

Мерой предупреждения от сырости и кислотных паров может служить защита обмоток противостойкими лаками (например, лак № 158 ХЭМЗ см. таблицу в § 29) и герметически закрытые моторы.

В моторах, работающих без надзора, обмотки портятся также от выключения одной из фаз, например, при перегорании предохранителя. В данном случае мотор продолжает работать некоторое время на две фазы при пониженной скорости, но вскоре обмотка в этих фазах от перегрева окажется негодной благодаря значительно увеличившейся силе тока.

Мерой предупреждения является защита мотора строго соответствующими силе тока предохранителями и недопускание перегрузки мотора.

В моторах с контактными кольцами порча обмоток, т. е. перегрев и замыкание, происходит иногда от неисправности механизма, замыкающего обмотку ротора, например, плохой контакт между одной из гребенок и замыкающим кольцом.

Не исключаются случаи порчи обмоток и от недоброкачественного выполнения обмоток. Признаком этого до некоторой степени может служить, например, перекрытие фаз или замыкание небольшой части витков, в то время как обмотка за исключением этой части находится в хорошем состоянии.

Способы определения дефектов в обмотках. Всякие неисправности в моторах трехфазного тока, как-то: замыкание

в обмотках, обрыв в фазе, перекрытие фаз и т. п. сопровождаются, как известно, характерным гудением мотора и увеличением потребляемого тока; поэтому самый факт наличия неисправности установить легко.

Для определения характера неисправности нужно остановить мотор и прежде всего убедиться, имеется ли напряжение на всех клеммах рубильника, пользуясь для этого (при низком напряжении) контрольными лампами.

Если сеть окажется исправна, то поступают следующим образом:

а) С помощью контрольной лампы определяют, нет ли обрыва в фазах.

б) Испытывают изоляцию между фазами, применяя напряжение не выше рабочего.

в) Этим же напряжением испытывают изоляцию от корпуса.

При наличии соединения с корпусом в статорной обмотке разбирают мотор и находят, в какой именно фазе оно произошло. Затем разъединяют катушки этой фазы и определяют неисправную катушку и далее таким же образом находят неисправный виток. Наконец, определяют, в каком именно месте имеется соединение с корпусом. Если контрольная лампа при этом горит полным накалом, то место соединения не обнаруживается. В таком случае надо применить ток большей силы. Для этого удобно в смысле безопасности пользоваться током большой силы при низком напряжении 10—30 *в* от понижающего трансформатора; в том месте, где имеется соединение с корпусом, от нагревания изоляции током появляется дым.

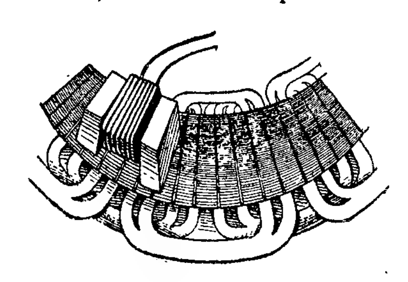
Несколько сложнее обстоит дело при определении междувиткового замыкания. В данном случае применяется один из следующих способов:

г) Измеряют по отдельности сопротивления катушек; при одинаковом числе витков катушку с меньшим сопротивлением следует считать неисправной. Но этот способ не даст положительных результатов в случае большого сечения проводников и малого количества замкнутых витков.

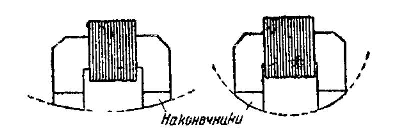
д) Через отдельные катушки пропускают переменный ток, напряжение которого подбирают так, чтобы напряжение между отдельными витками получилось равное испытательному напряжению, требуемому нормами. Если показания амперметра при этом будут различны, то большее показание укажет на „витковое“, если, конечно, числа витков в катушках одинаковы.

Однако и здесь междувитковое замыкание может быть не обнаружено, если при большом числе витков в катушке количество замкнутых витков ничтожно.

е) Наиболее действительный способ, применяемый автором—испытание электромагнитом, изображенным на фиг. 135. Если в обмотку электромагнита включить переменный ток, то в железе статора в том месте, где приложен электромагнит, появится переменный магнитный поток, а по замкнутым виткам потечет переменный ток, присутствие которого легко можно обнаружить по нагреву катушки или по



Фиг. 135. Испытание статорной обмотки электромагнитом.



Фиг. 135а. Испытательный электромагнит со сменными наконечниками.

притяжению железной пластинки, прикладываемой к пазам. Пластинка будет притягиваться к тому пазу, в котором находится сторона замкнутого витка.

Для более плотного прилегания магнита к поверхности статора сердечник магнита снабжается сменными наконечниками с различными радиусами кривизны (фиг. 135 а).

Описанные способы определения дефектов одинаково относятся как к статорным, так и роторным катушечным и отчасти к стержневым обмоткам.

42. РЕМОНТ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК МАЛЫХ МАШИН

Ремонт обмоток обычно состоит в устранении соединения с корпусом или междувиткового замыкания. Способ ремонта зависит от степени повреждения обмотки, конструктивных особенностей мотора, схемы обмотки и т. п.

Допустим, что в статоре одним из ранее описанных способов обнаружено соединение с корпусом в одном из пазов. Тогда, выколотив пазовые клинья, приподнимают проводники и, найдя неисправный проводник, изолируют поврежденное место тонкой лентой или лучше всего хлопчатобумажной пряжей. Заложив после этого в паз кусочек слюды, вставляют поднятые проводники на свое место, следя за тем, чтобы проводники располагались параллельно, не переплетаясь, и были выпрямлены. Если в результате замыкания проводник перегорел, то спайку следует делать не в пазу,

а на лобовых частях (две пайки), так как здесь имеется больше свободного места.

В большинстве случаев происходит перегорание не одного, а нескольких проводников; в таких случаях необходимо восстановить прежнее соединение витков. При этом следует поступать так, как показано в § 37. При большом количестве перегоревших витков перематывается вся катушка, причем проволока должна быть предварительно пропитана, равно как и прессшпановая скобочка. Если намотка статора сделана не в одну, а в несколько параллельных проволок, а такой проволоки не имеется, то она может быть заменена проволокой другого диаметра, но с таким расчетом, чтобы общее поперечное сечение (а не диаметр!) употребляемых проводников было равно сумме сечений прежних параллельных проводников.

Точно так же поступают в случае необходимости и при замене одного проводника двумя. Так, например, проводник диаметром 3 *мм* может быть заменен двумя проводниками диаметром 1,6 и 2,5 *мм* или двумя проводниками, имеющими диаметр 2,8 и 1,1 *мм*, так как общее сечение каждой пары проводников равно сечению трехмиллиметровой проволоки (см. табл. 1 медной проволоки в конце книги).

Междувитковое замыкание. Междувитковое замыкание обычно сопровождается обугливанием замкнутой части обмотки и требует иногда перемотки нескольких катушек. Исключение составляет замыкание, происшедшее при пробном пуске мотора, когда оно бывает обнаружено прежде, чем могло произойти обугливание обмотки, или же при испытании обмотки электромагнитом.

В данном случае, найдя неисправную секцию, осматривают ее лобовые части, обращая внимание, главным образом, на те места, где допущено перехлестывание проволок. При отсутствии таких подозрительных мест вынимают пазовые клинья и отыскивают неисправность в пазах.

При двухслойной обмотке одна сторона секции находится, подобно тому как в якорях постоянного тока, в нижней половине паза, поэтому для обследования ее необходимо поднять сначала верхнюю сторону другой секции. Но прежде чем тревожить ее, надо тщательно осмотреть проводники верхней стороны неисправной секции. Для этого следует поднять их из паза и проверить электромагнитом, как показано на фиг. 135. Если при этом секция продолжает греться, то замыкание имеется в нижней стороне, в таком случае требуется перемотка.

43. РЕМОНТ БОЛЬШИХ МАШИН

Ремонт машин большой мощности как наиболее ответственных требует особенно тщательного выполнения работы и поэтому может быть поручен только монтерам высокой квалификации.

Способы ремонта в зависимости от характера неисправностей, конструктивных особенностей, напряжения и т. п. весьма различны.

На приведенных ниже примерах показано несколько способов ремонта, давших вполне удовлетворительные результаты.

Пример 1. В трехфазном электродвигателе мощностью 200 *квт*, 500 *в* 2 950 оборотов завода „Электросила" от износа подшипников и задевания ротора произошло смятие статорных зубцов и прогар проводов в трех смежных пазах.

Прогар получился в проводах, принадлежащих к катушкам нижнего ряда (фиг. 136), и благодаря этому вырезание проводов и вставка новых затрудняется.

Обмотка выполнена многожильным кабелем, состоящим из 90 проволок диаметром в 1 *мм*. Кабель спрессован в форме прямоугольника 10×12 *мм*² и заложен в пазы посредством протяжки.

Рамонт был произведен таким образом: пазовая часть кабеля была вырезана при выходе из паза в местах, помеченных крестиками; то же самое сделано было и на другом конце статора; после этого вырезанная часть кабеля была вынута.

Осмотр нижележащих проводов в пазах, а также и пазовой гильзы, выдержавшей на пробой 2 000 *в*, показал, что обмотка за исключением вырезанной части исправна и перемотка статора нецелесообразна.

90 жил кабеля были скручены в 5 слоев с количеством проволок в слоях 7, 13, 17, 23, 30.

Для скручивания его был применен кустарный способ, изображенный на фиг. 137, где *1* — деревянный кружок с отверстиями, сквозь которые продеваются проволоки; *2* — зажим, посредством которого спрессовываются спирально скрученные проволоки.

При поворачивании диска по направлению стрелки и одновременном продвижении его вниз проволоки укладываются плотно, не переплетаясь. Вслед за диском передвигают и зажим, обжимающий кабель.

Соответственно числу слоев кабель был скручен в 5 приемов.

Для придания кабелю прямоугольного сечения применено приспособление, изображенное на фиг. 137а. После этого кабель был изолирован и спрессован еще раз и, наконец, все три куска были вставлены и соединены с катушкой посредством скручивания и пропайки; причем каждая проволочка была предварительно зачищена и облужена.

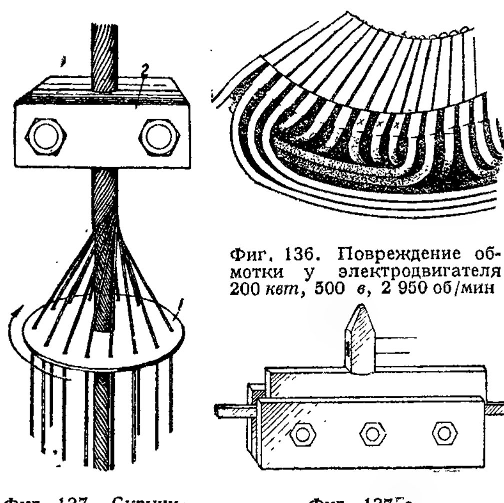
Пример 2. Ремонт электродвигателя 125 *кв*, 6 000 *в* 980 оборотов. В статорной обмотке электродвигателя, приводящего в движение крупную мельницу, произошло междувитковое замыкание в одной из катушек. После снятия изоляции с лобовой части катушки оказалось, что 4 витка перегорели.

В данном случае следовало бы сделать перемотку пострадавшей катушки, но ввиду отсутствия провода и изоляционных материалов и невозможности остановки мельницы решено было выключить пострадавшие витки, тем более, что процент выключенных витков по отношению к общему количеству витков в фазе был очень невелик (число пазов на одну

фазу 24, в каждом пазу 45 проводников, следовательно, число проводников на фазу равно $24 \cdot 45 = 1\,080$, а количество витков в фазе $\frac{1\,080}{2} = 540$).

Для того чтобы не повредить здоровые витки при вытаскивании перегоревших витков (обмотка выполнена протяжкой), последние были разрезаны в лобовой части катушки и оставлены в пазах.

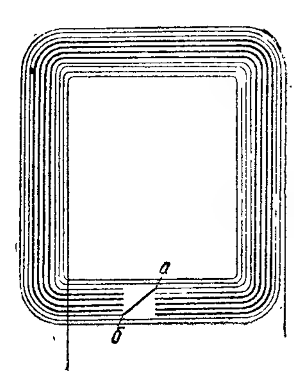
Концы разрезанных витков были изолированы, а концы *а* и *б* соединены, как показано на фиг. 138. Спустя месяц, получилось



Фиг. 136. Повреждение обмотки у электродвигателя 200 *квт*, 500 *в*, 2 950 об/мин

Фиг. 137. Скручивание кабеля.

Фиг. 137 а.



Фиг. 138. Выключение короткозамкнутых витков.

второе междувитковое замыкание в этой же катушке, причем замкнутыми и почерневшими оказались 8 витков. Были вырезаны и эти 8 витков.

Таким образом в одной фазе убавилось всего $4 + 8 = 12$ витков, что составляло $\frac{12 \cdot 100}{540} = 2{,}2\%$ к общему количеству витков в фазе, причем вырезанные витки были сгруппированы в одном месте, т. е. в одной катушке. При пробном пуске мотора, а также и в дальнейшей работе ухудшения практически не обнаружено (мотор работает после ремонта 6 месяцев в 3 смены).

Тем не менее такой способ ремонта может допускаться лишь как временная мера и при первой возможности катушка должна быть перемотана.

Пример 3. Ремонт генератора 175 *квт*, 500 *в* Сименс-Шуккерт. В одной из катушек статора, имеющего открытые пазы, произошло междувитковое замыкание и перегорание шести проводов.

Способ ремонта, описанный в предыдущем примере, в данном случае неприменим, во-первых, потому, что общее количество витков в фазе невелико и выключение шести проводников отразилось бы на работе мотора, во-вторых, при открытых пазах перемотка одной катушки занимает немного времени. Поэтому катушка была заново перемотана.

44. РЕМОНТ РОТОРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

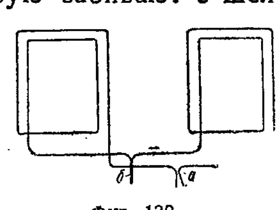
Роторные обмотки обычно рассчитываются на меньшее напряжение, чем статорные. Этим главным образом и объясняется то, что роторные обмотки подвергаются порче

сравнительно реже, чем статорные. Неисправности происходят большей частью от трения ротора о статорное железо.

Соединение с корпусом. При наличии следов трения ротора о статор и отсутствии прогаров нужно прежде всего обратить внимание на те зубцы, которые искривлены или помяты больше остальных.

Выправляя зубцы с помощью железной пластины и молотка и пользуясь при этом контрольной лампой, можно обнаружить место замыкания на корпус и в большинстве случаев исправить дефект, если, конечно, гильзы от длительного перегрева не обуглены.

После того как зубцы будут выправлены, между ними и проводами образуется щель, в которую забивают с шеллаком фибровые клинья. Затем испытывают обмотку на корпус более высоким напряжением, а также и на „витковое", пользуясь испытательным магнитом, как указано выше (см. § 41), причем если катушки в фазе соединены между собой параллельно, как показано на фиг. 139, то они должны быть предварительно разъединены в спайке *а* или *б*, в противном случае цепь была бы замкнута, а это ввело бы в заблуждение при испытании магнитом, и наконец, прогревают ротор, пропитывают лаком и сушат.



Фиг. 139.

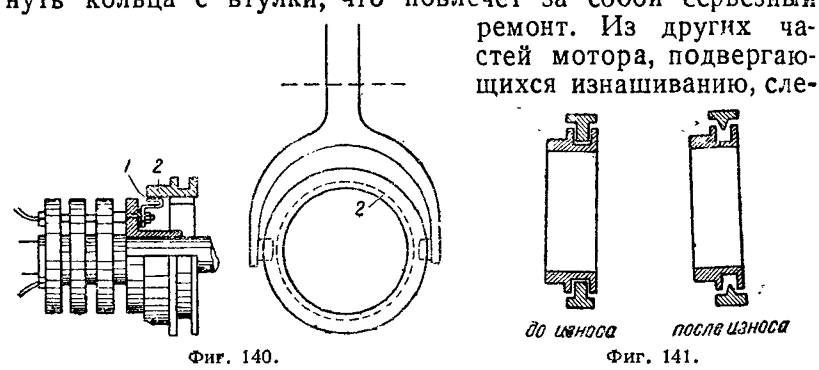
Отпайка и перегорание концов в стержневой обмотке. Отпайка в соединениях концов у ротора может происходить не только от недоброкачественной пропайки или от качества припоя, но и от неправильной эксплоатации машин. Например, пуск электродвигателя с поднятыми щетками и роторной обмоткой замкнутой накоротко в обмотку поступает ток, значительно больший нормального. При трении ротора о статор ротор сильно нагревается, что также является причиной расплавления олова в местах пайки. Отпайка концов часто сопровождается образованием вольтовой дуги, причиняющей иногда серьезные повреждения в виде сгорания концов стержней. Надставку обгоревших стержней делают внакладку. Для этого прилегающие друг к другу поверхности предварительно клинообразно опиливаются и облуживаются, после чего туго связываются луженой проволокой или обхватываются обоймой и пропаиваются.

45. РЕМОНТ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ И ПУСКОВОГО (ЗАМЫКАЮЩЕГО) МЕХАНИЗМА

Снашивание и подгорание контактных колец имеет место главным образом у тех моторов (старой конструкции),

которые не снабжены механизмом для поднимания щеток после пуска мотора. При ремонте, не снимая втулку, протачивают кольца и туго нагоняют на них предварительно нагретые новые кольца, склепанные из полосовой меди и пропаянные серебром.

При проточке колец следует брать очень малую стружку, так как при большой стружке усилием резца можно сдвинуть кольца с втулки, что повлечет за собой серьезный ремонт. Из других частей мотора, подвергающихся изнашиванию, сле-



Фиг. 140. Фиг. 141.

дует отметить медноугольные щетки. При износе щеток ухудшается контакт их с кольцами; благодаря этому щетки, особенно при пуске, сильно искрят и прожигают кольца. Поэтому необходимо иметь в запасе щетки и своевременно менять сработавшиеся.

Простои машин бывают нередко также от неисправности замыкающего приспособления. Оно устроено таким образом, что при пуске, когда ротор достиг установившейся скорости вращения, посредством рычага на передней крышке три медные гребенки *1*, соединенные с контактными кольцами, перекрываются подвижным замыкающим кольцом *2* (фиг. 140). Вслед за этим при дальнейшем ходе рычага щетки поднимаются с колец: если выступы *a* у вилки (фиг. 141) и стенки канавки у кольца изношены, то длина хода замыкающего кольца сокращается, а благодаря этому не получается надлежащего контакта при замыкании или же происходит неполное размыкание при обратном ходе вилки. Вследствие этого начинают обгорать контакты и, наконец, перегорают и отламываются контакты у гребенок.

Мерой предупреждения является смазывание канавки, в которой помещаются выступы вилки.

При постановке новых гребенок одновременно надо тщательно зачистить прилегающие к ним поверхности замыкающего кольца и наплавить металл на изношенные выступы у вилки.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ПЕРЕМОТКА СТАТОРОВ

46. КАТУШЕЧНАЯ ОБМОТКА

Обыкновенная катушечная обмотка, показанная на фиг. 37а, выполняется различными способами.

Первый способ. Ручная намотка, когда проволока укладывается в открытые пазы.

Второй способ. Шаблонная намотка, когда катушки изготовляются на шаблонах и в готовом виде вставляются в пазы.

Третий способ. Ручная намотка протяжкой, когда проволока протягивается в закрытые пазы.

При размотке статора нужно заметить:

1) число полюсов и схему соединения катушек в фазе, которые могут быть соединены между собой последовательно или параллельно;

2) число пазов на полюс и фазу, т. е., число пазов, занимаемых одной стороной катушки (фиг. 142 и 143);

3) количество витков в секции;

4) диаметр голой проволоки и с изоляцией.

Если в ремонт поступает статор с разобранной обмоткой, то число полюсов и число пазов на полюс-фазу можно (фиг. 144) подсчитать, пользуясь нижеприведенной таблицей.

Синхронное число оборотов машины в минуту	Приблизительное число оборотов ротора	Число полюсов	Число катушек
3 000	2 900	2	3
1 500	1 450	4	6
1 000	960	6	9
750	720	8	12
600	575	10	15
500	480	12	18
250	240	24	36

Пример 1. Определить число полюсов и число пазов на полюс-фазу для обыкновенной катушечной трехфазной статорной обмотки, если известно, что электродвигатель должен давать 1 450 оборотов, а число пазов в статоре равно 24.

Решение. Число полюсов при 1 450 оборотах согласно таблице равно 4.

Число пазов на полюс равно $\frac{24}{4} = 6$ пазов.

Число пазов на полюс-фазу равно $\frac{6}{3} = 2$ паза.

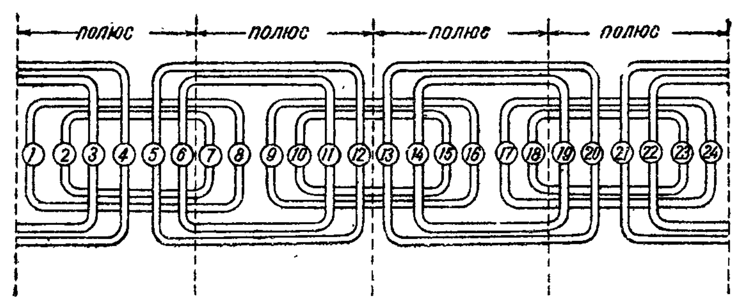
Следовательно, одна сторона катушки должна занимать два паза, иначе говоря, каждая катушка, как показано на фиг. 142, состоит из двух секций.

Пример 2. Число оборотов электродвигателя равно 720, число пазов 72. Определить число полюсов, число катушек и число пазов на полюс и фазу.

Решение. Число полюсов по таблице равно 8. Число катушек согласно таблице равно 12.

Число пазов на полюс-фазу $\frac{72}{8 \cdot 3} = 3$ (фиг. 164).

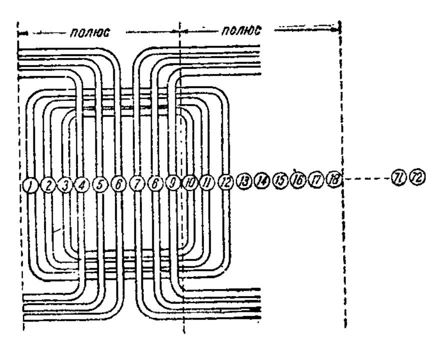
При некотором числе пазов катушки имеют неодинаковое число секций, например, при 30 пазах. В таких слу-



Фиг. 142. Статорная трехфазная обмотка, 4 полюса, 24 паза, 2 паза на полюс-фазу.

чаях обмотка выполняется так, как показано на фиг. 145, где тройные секции занимают нижний ряд, а двойные—верхний.

Если число пар полюсов нечетное, например, 3 пары, т. е. 6 полюсов, то и число катушек тоже нечетное, причем одна из катушек бывает изогнута так, что одна сторона ее находится в нижнем ряду, а другая в верхнем, как показывает фиг. 146.



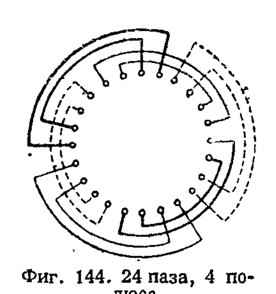
Фиг. 143. Трехфазная обмотка, 8 полюсов, 72 паза, 3 паза на полюс-фазу.

При размотке статоров мелких моторов часто можно наблюдать разницу в количестве проводников в пазах, например, в различных пазах статора бывает 48, 46, 44 проводника. Совершенно очевидно, что это допущено по ошибке обмотчика. В таких случаях надо принять (если нет возможности установить точно) или среднее или наибольшее количество, но во всяком случае не следует допускать разного числа проводников в пазах.

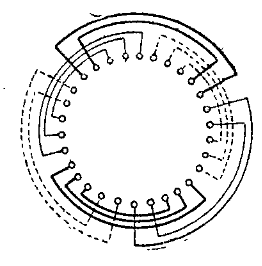
Вообще же при уменьшении количества витков статорный ток увеличивается, и обмотка будет перегреваться, а при увеличении числа витков ток уменьшится, но вместе с тем уменьшится и мощность машины.

По этим же соображениям нельзя делать отступления и в отношении диаметра голой проволоки.

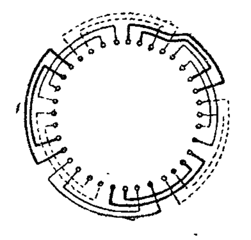
Если в наличии не имеется проволоки нужного диаметра, то ее можно заменить более тонкой, но добавить в параллель к ней другую с таким диаметром, чтобы общее поперечное сечение их равнялось сечению прежней проволоки.



Фиг. 144. 24 паза, 4 полюса.



Фиг. 145. 30 пазов, 4 полюса.



Фиг. 146. 36 пазов, 6 полюсов.

47. РАЗБОРКА ОБМОТКИ

При разборке старой статорной обмотки в некоторых случаях бывает очень трудно вытащить из паза клинья и первые витки. Тогда поступают таким образом:

Осаживают с помощью молотка и железной пластины пазовые клинья, при этом засохший верхний слой лака разбивается и разборка облегчается.

Но этот способ неприменим в статорах, намотанных в протяжку, где щель паза очень узка. В таком случае приходится иногда прожигать 1—2 витка, пропуская через них большой ток, например, от понижающего трансформатора, после чего обуглившиеся витки вынимаются свободно.

48. РУЧНАЯ НАМОТКА СТАТОРА

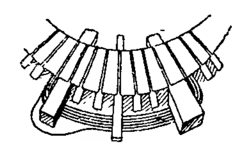
Этот способ в условиях ремонтных мастерских применяется чаще, чем шаблонный, в особенности при частичной перемотке, так как делать шаблон из-за одной или двух катушек не имеет смысла.

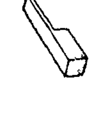
Возьмем для примера статор, имеющий 36 пазов, которому требуется сделать трехфазную обмотку на четыре полюса.

Число пазов на полюс-фазу в данном случае равно $\frac{36}{4 \cdot 3} = 3$. Закладывают приготовленные заранее пазовые гильзы в какие-нибудь три паза и, отступив $2 \times 3 = 6$ пазов, закладывают еще три гильзы для другой стороны катушки.

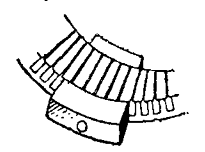
Затем в пазы *4—9* (фиг. 147) вставляют деревянные планки с утолщениями на концах, служащие для получения правильного изгиба лобовых частей, и приступают к намотке. Для получения правильной формы лобовых частей катушек применяются также шаблоны, показанные на фиг. 148.

Проволока сматывается с бухты, посаженной на вращающийся конус (фиг. 132). Если же намотка делается в две проволоки, то применяют катушки и приспособление, показанное на фиг. 42, при помощи которого можно избежать перехлестывания проволок. При намотке необходимо следить за тем, чтобы проводники укладывались в паз предварительно выпрямленными и с некоторой натяжкой.





Фиг. 147. Ручная намотка статора.



Фиг. 148. Применение шаблона для лобовых частей катушек.

Уплотнение проводников в пазу делается посредством клиньев, загоняемых с обоих концов паза, как при намотке якорей с полуоткрытыми пазами.

По заполнении пазов *3* и *10* забивают в них клинья из сухого дерева и так же заполняют пазы *2* и *11*, заложив предварительио между первой и второй секциями картонные прокладки, как показано на фиг. 155. Затем мотают третью секцию. Каждая из секций на лобовых сторонах изолируется лентой или связывается в двух местах бечевкой с прокладкой между секциями кусочков картона.

Расположение второй и третьей катушек показано на фиг. 156. Намотав три катушки (нижний ряд), приступают к намотке верхнего ряда, и наконец, испытав обмотку „на корпус“ и „витковое“ делают соединеиие катушек (см. § 51).

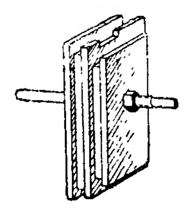
49. ШАБЛОННАЯ КАТУШЕЧНАЯ ОБМОТКА

Шаблонная катушечная обмотка, как уже упоминалось выше, в условиях ремонтных мастерских применяется сравиительно редко, так как это требует большого количества шаблонов. Тем не менее, в тех случаях, когда катушка состоит из двух секций, как, например, при намотке четырехполюсного статора, имеющего 24 паза (фиг. 144), этому способу следует отдать предпочтение не только в отношении качества работы, но и быстроты выполнения.

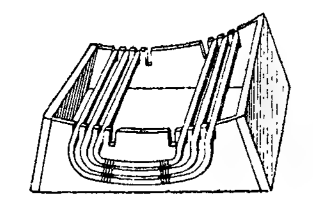
В данном случае требуется два шаблона, один для нижнего ряда, другой для верхнего, причем на каждом из них мотается сразу две секции (фиг. 149).

Шаблонный способ применяется главным образом при намотке больших статоров, имеющих открытые пазы. Катушки заготовляются на специальных макетах (фиг. 150).

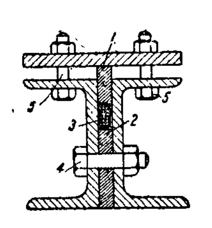
В случае высокого напряжения (более 500 *в*) пазовая часть секций изолируется миканитом и опрессовывается.



Фиг. 149. Шаблон для намотки двойных секций.



Фиг. 150. Изготовление катушек на макете.



Фиг. 151. Опрессовка пазовой части секций.

На заводах для этого применяются специальные станки. В ремонтных мастерских опрессовка производится таким образом:

Пазовую часть обвертывают несколько раз (в зависимости от напряжения) тонким гибким миканитом, предварительно промазанным шеллаком, после чего обматывают ее полотняной лентой. Затем делают опрессовку в предварительно нагретом до 100° приспособлении, изображенном на фиг. 151. Толщина пластин *1* и *2* выбирается равной ширине паза. Опрессовка секций *3* делается посредством затягивания болтов *4* и *5*.

50. НАМОТКА ПРОТЯЖКОЙ

Этот способ намотки применяется в тех случаях, когда пазы статора или закрыты или имеют такую узкую щель, через которую проводник не проходит, но главным образом в высоковольтных машинах, имеющих в пазах гильзы. Иногда при ремонте таких статоров пропиливают пазы, но это очень вредно отражается на свойствах машины. Дело в том, что при пропиливании пазов образуется сплошная масса заусенцев, которая является проводником для токов Фуко. Железо в этих местах быстро нагревается. Пропиловка пазов не рекомендуется и в том случае, если заусенцы уничтожаются, так как вскрытие шлица вызывает увеличение добавочных потерь в зубцах.

Низковольтные машины. После разборки обмотки осматривают пазы и в случае надобности заменяют неисправные гильзы новыми.

В качестве материала для гильз применяется пропитанный в лаке прессшпан и лакоткань. Толщина стенок гильз делается не более 1 *мм*. Гильзы опрессовываются в пазу обычно посредством клиньев. Вставив две гильзы в соответствующие пазы, заполняют их железными шпильками, которые предварительно должны быть тщательно вычищены от ржавчины. Число шпилек равно числу проводников в пазу, а диаметр не меньше диаметра провода с оплеткой. Если обмотка делается из толстого проводника 2,5—3 *мм*, то применяют только один ряд шпилек, остальные ряды заменяют деревянными планками, как показано на фиг. 152.



Фиг. 152. Подготовка паза к обмотке впротяжку.

Намотка делается двумя рабочими. Один из них вытаскивает железную шпильку, а другой, находясь на противоположном конце статора, подает вслед за ней провод, натертый парафином. Если провод проходит туго, то конец его зачищают, т. е. снимают оплетку на длине, немного большей длины паза.

По мере выхода проводника из паза он собирается в большой круг, после чего подается обратно через другой паз таким же способом. При большом количестве проводников в пазу требуется очень длинный провод, но в таком случае при протаскивании его не может быть уверенности, что изоляция его останется не поврежденной. Ввиду этого провод берут обычно не более 20—25 *м* и после делают спайки.

Для придания соответствующей формы лобовым частям катушек применяется шаблон и картонные прокладки, показанные на фиг. 155.

Намотав требуемое количество секций в катушке, изолируют или связывают ее, как было указано выше, и переходят к намотке других катушек нижнего ряда и, наконец, делают намотку второго ряда катушек, которая в основном не отличается от намотки нижнего ряда.

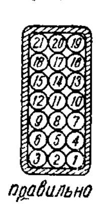
Высоковольтные машины. Для машин, рассчитанных на более высокое напряжение, например, 3000—6000 *в*, пазовая изоляция (гильзы) делается из миканита толщиной 2—3 *мм*. Способ изготовления гильз состоит в следующем:

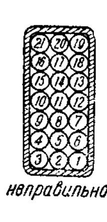
Делают по старой гильзе железную оправку, а при отсутствии образцовой гильзы по размерам паза, учитывая, конечно, толщину стенок гильзы.

Оправку обертывают парафинированной бумагой в $1^1/_2$ слоя и на нее наматывают несколько слоев микафолия (тонкая кабельная бумага, на которую наклеены тонкие кусочки щипанной слюды).

Каждый слой микафолия при обертывании им оправки прошеллачивают и проглаживают горячим утюгом. После этого гильзу, не снимая с оправки, опрессовывают горячим способом на приспособлении, изображенном на фиг. 151, и здесь же испытывают ее на пробой высоким напряжением. Вставив гильзы в пазы, приступают к намотке.

Проволока должна иметь двойную, а желательно даже тройную (ПБТ)





Фиг. 153. Расположение проводников в пазу.



Фиг. 154. Фиг. 155.

оплетку; предварительная пропитка обязательна. Каждый ряд проволок в пазу изолируется от других полоской из тонкого прессшпана, которая закладывается в пазы при вставлении деревянных планок (фиг. 152).

Проводники в пазу должны быть расположены в таком порядке, чтобы каждый ряд начинался всегда с одной стороны, как показано на фиг. 153. В этом случае напряжение между смежными проводами, принадлежащими к разным рядам, будет наименьшее. Но иногда в лобовых частях делаются переходы, как это видно из фиг. 154, причем изоляция в этих местах должна быть усилена. В остальном процесс намотки не отличается от намотки низковольтных машин (фиг. 155). Каждая секция изолируется лакотканью в полунахлестку и полотняной лентой. Затем между секциями вставляют прессшпановые прокладки, после чего в этих местах катушка связывается английской бечевкой.

51. СОЕДИНЕНИЕ КАТУШЕК ПРИ ОДНОСЛОЙНЫХ ОБМОТКАХ

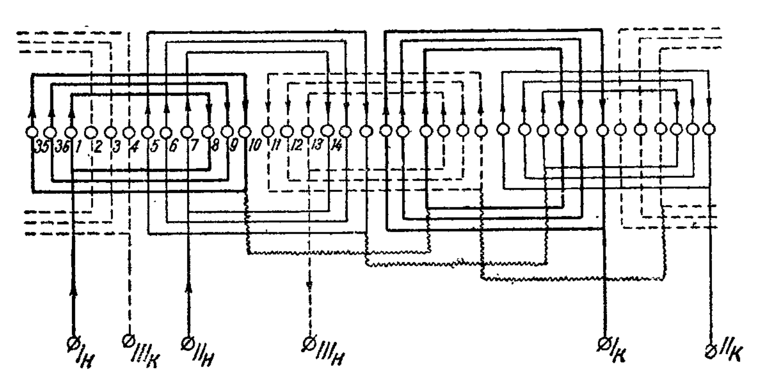
У большинства машин трехфазного тока выводятся к клеммовой доске 6 концов, т. е. 3 начала фаз и 3 конца.

Для сокращения длины кабелей начала фаз берутся от тех катушек, которые расположены ближе к клеммовой доске. Если за начало первой фазы условимся считать проводник, выходящий из первого паза (фиг. 156), то начало второй фазы нужно брать на расстоянии от начала первой

фазы 2 × q, где q — есть число пазов на полюс-фазу. В данном случае (фиг. 156) $q=3$, следовательно, надо пропустить $2 \times 3=6$ пазовых делений и брать начало второй фазы из паза № 7.

Начало третьей фазы надо брать по такому же расчету, т. е. из паза № 13.

Соединение катушек между собой в каждой фазе делается так, чтобы направление тока в каждой из сторон катушек чередовалось, как показано на фиг. 156, т. е. соединяют конец одной катушки с началом другой.



Фиг. 156. Схема соединения катушек и вывод концов.

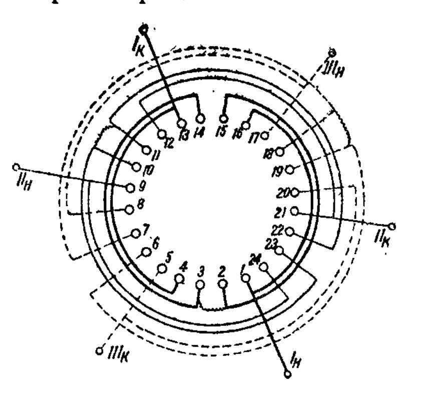
В случае двухполюсной статорной обмотки начала фаз берутся из пазов, находящихся на расстоянии $^1/_3$ окружности статора, как показано на фиг. 157. Если, как это иногда ошибочно делают, вывести концы по схеме, изображенной на фиг. 158, то, как видно из сравнения с фиг. 157, направление тока во второй фазе будет обратное. В этом случае мотор берет чрезмерной силы ток, гудит и не развивает скорости.

Соединение выводных концов с зажимами делается по схеме, изображенной на фиг. 159, а именно: начала фаз присоединяются к верхним трем зажимам, а концы к нижним, но так, чтобы при постановке перемычек вертикально получилось соединение обмоток в △; горизонтальное соединение верхних или нижних зажимов дает соединение в Y.

На фиг. 160 изображена схема однослойной симметричной обмотки, выполненной шаблонным способом.

Соединение отдельных катушек и присоединение выводных концов производится или посредством пайки оловянным припоем или электросваркой (см. § 54 — соединение двухслойных обмоток).

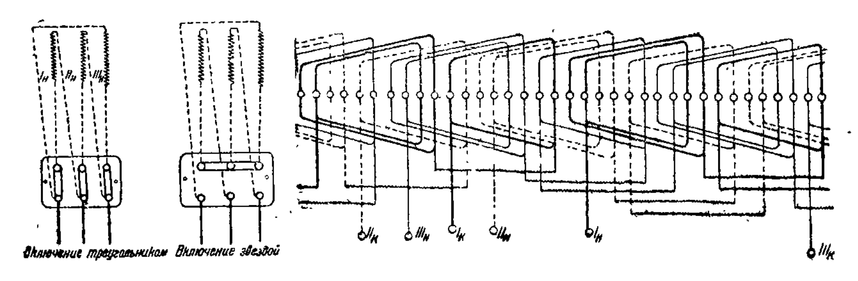
В случае толстых проводов под место спайки рекомендуется подкладывать листовой асбест в виде желобка, на котором собирается расплавленное олово, это предохраняет от стекания олова, а главное, дает хорошее качество и ускоряет процесс пайки.



Фиг. 157. Схема двухполюсной трехфазной обмотки.

Фиг. 158. Неправильное обозначение выводных концов в фазе *II* двух полюсной обмотки.

Некоторое затруднение встречается при пропайке концов, если они занимают наклонное и особенно вертикальное положение, так как в этом случае много олова стекает мимо, прежде чем будет достигнуто прогревание и пропай-



Фиг. 159. Вывод концов к зажимам на моторе.

Фиг. 160. Схема соединения однослойной катушечной шаблонной обмотки.

ка соединения. В данном случае надо, во-первых, предохранить обмотку от попадания в нее олова, подкладывая вниз железную коробку, во-вторых, паяльник должен быть достаточно велик и хорошо нагрет, чтобы можно было довести пропаиваемое место до надлежащей температуры без перерыва. Для этого особенно удобен электрический паяльник. Олово следует применять в виде тонкого прутка, так как толстый пруток поглощает много тепла.

Пропайка может считаться удовлетворительной только в том случае, если пруток плавится, прикасаясь к проводу со стороны, противоположной паяльнику.

Следует помнить, что при плохой пропайке место соединения будет нагреваться и может случиться, что контакт настолько ухудшится, что произойдет разрыв, затем вольтова дуга и серьезное повреждение обмотки.

Пропаянное место изолируется, затем статор поступает в просушку и пропитку.

52. ПРОСУШКА И ПРОПИТКА СТАТОРОВ

В условиях ремонтных мастерских, или если ремонт машины производится на месте, большие статоры сушатся посредством пропускания через обмотку тока, а если это не представляется возможным, то внутри статора помещают на продолжительное время электрическую печь.

Если ремонт статора состоял в частичной перемотке, например, в перемотке одной катушки, то нет надобности сушить весь статор, достаточно просушить только эту катушку, пропустив через нее ток.

Пример. Требуется просушить и пропитать в лаке перемотанную катушку статора электродвигателя 125 *квт,* 6 000 *в,* 15 *а.*

В данном случае можно пропустить через катушку ток 15—20 *а*, пользуясь напряжением сети. Если окажется, что при непосредственном включении в сеть ток будет велик, то включают последовательно с катушкой жидкостный реостат. В цепь должны быть включены также амперметр и, конечно, предохранитель.

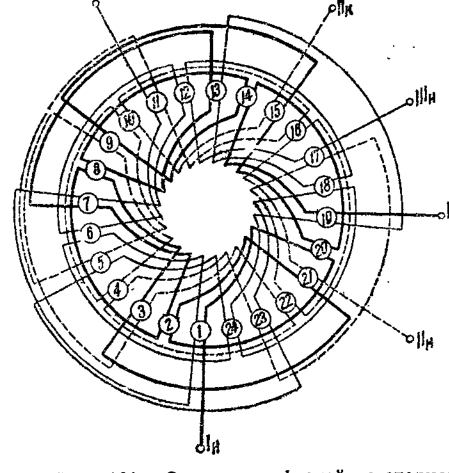
Этот способ сушки является одновременно и испытанием на „витковое". Просушка малых статоров и пропитка в общем не отличаются от способов, описанных в § 29.

53. ДВУХСЛОЙНАЯ ОБМОТКА

Эта обмотка в последнее время широко применяется благодаря ее преимуществам, о которых сказано в § 10. Тем не менее, ввиду новизны этих обмоток и незнакомства со схемой соединения, некоторые обмотчики переделывают их или делают попытки переделывать их на обыкновенные катушечные, которые в большинстве случаев не удаются, так как, во-первых, не позволяет ограниченное место для лобовых сторон как по длине статора, так и по диаметру; во-вторых, потому, что некоторые статоры имеют нечетное число пазов, например, 27 или 45. Таким образом от изменения типа обмотки надо воздерживаться.

При размотке статора необходимо заметить шаг обмотки, так как при одном и том же числе полюсов и пазов шаги могут быть различные. Так, например, при 36 пазах

и четырех полюсах встречается шаг 1—9 и 1—8 (первый шаг — укороченный на один паз, а второй — укороченный на два паза). Чем короче шаг, тем меньшие размеры имеют лобовые части секции. Следовательно, если удлинить шаг, то может случиться, что лобовые части обмотки могут не уместиться по длине статора. Кроме того, при удлинении шага потребуется больше проволоки.



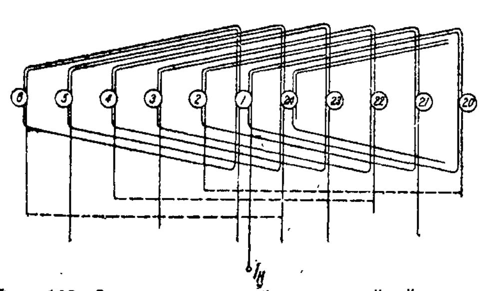
Фиг. 161. Схема трехфазной статорной двухслойной обмотки, 24 паза, 4 полюса, шаг *1—6*.

На фиг. 161 показана схема двухслойной четырехполюсной обмотки статора на 24 паза.

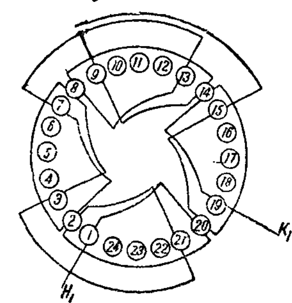
Намотка делается таким образом:

По старой секции делают шаблон, на котором наматывают 24 секции. Одну сторону (короткую) закладывают в паз № *1*, а другую в паз, помеченный № *20* (фиг. 162). Вторую секцию закладывают в пазы № *2* и *21* и соединяют конец первой с началом второй.

На фиг. 161 и 163 соединенные таким образом две секции составляют одну катушку, занимающую наполовину



Фиг. 162. Соединение секций в двухслойной статорной обмотке.



Фиг. 163. Соединение катушек в одной фазе, 24 паза, 4 полюса.

пазы № *1—20* и № *2—21*. Таким же образом вставляют в пазы № *3—22* и № *4—23* еще одну пару секций и также соединяют их между собой и т. д.

Чтобы сократить число соединений, целесообразнее делать на одном шаблоне сразу две секции, не делая об-

рыва. При таком способе намотки пять первых секций соответственно шагу обмотки располагаются обеими сторонами внизу, а у последних пяти секций обе стороны будут расположены в верхнем слое.

В большинстве же случаев закладка секций делается так, как при намотке якоря, а именно, одна сторона каждой секции находится в нижнем ряду, а другая в верхнем. Для этого верхние стороны первых пяти (в данном примере) секций закладываются после того, как эти пазы будут заняты нижними сторонами последних секций. Таким образом в двухслойной обмотке в одном пазу помещаются две стороны различных секций, причем в некоторых из пазов, как видно из фиг. 161, находятся стороны секций, принадлежащих к разным фазам, поэтому между нижней и верхней сторонами прокладывается полоска прессшпана.

Такая же изоляция кладется и на лобовых частях между катушками разных фаз. После того как все секции будут заложены в пазы, их укрепляют клиньями и приступают к соединению между собой катушек в каждой отдельной фазе.

При частичной перемотке статора применяется также и ручной способ намотки, т. е. проволока наматывается в паз непосредственно.

54. СХЕМЫ СОЕДИНЕНИЯ ДВУХСЛОЙНЫХ ОБМОТОК

В статорах с двухслойной (американской) обмоткой на 4 и 6 полюсов обычно имеется следующее число пазов: 24, 27, 30, 36, 45, 48 и 54. Схемы соединения обмоток представлены на фиг. 161—171.

В качестве примера сделаем соединение четырехполюсной обмотки статора, имеющего 24 паза, по схеме, изображенной на фиг. 161.

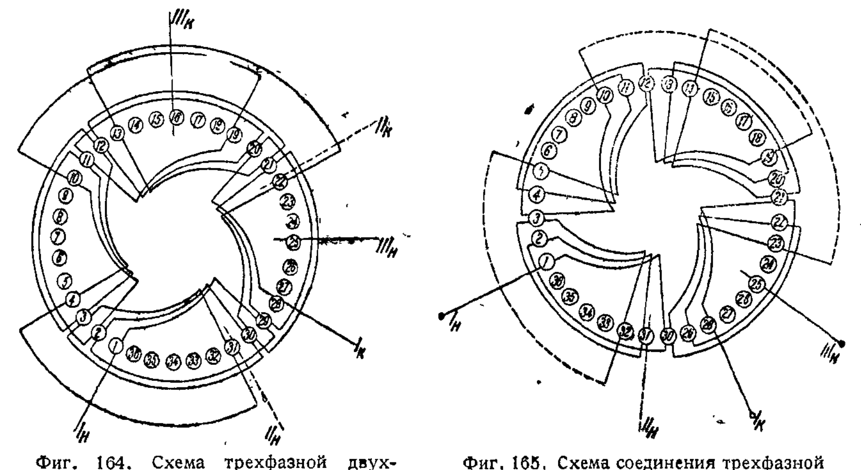
Приняв за начало первой фазы начало первой катушки в пазу № *1*, находим конец ее посредством контрольной лампы (на схеме он выходит из паза № *21*) и соединяем его с концом, выходящим из третьего паза.

Далее, находим посредством контрольной лампы начало этой катушки (седьмой паз) и соединяем его с началом следующей катушки (паз № *13*). Конец этой катушки находим в девятом пазу, который соединяем в 15-м пазу. Начало этой катушки (паз № *19*) будет служить концом первой фазы.

Таким же образом поступают при соединении второй и третьей фаз.

На фиг. 164 и 165 показаны схемы четырехполюсной обмотки на 36 пазов, из которых вторая имеет более укороченный шаг, чем первая.

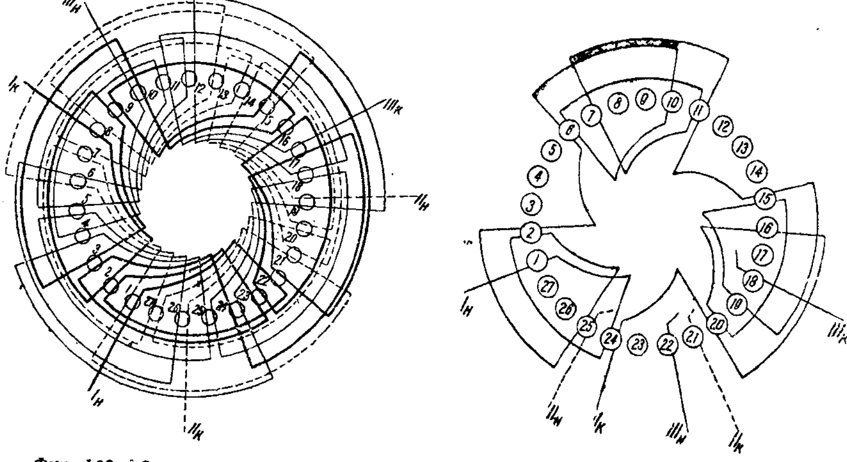
Среди четырех-и шестиполюсных малых моторов часто встречаются такие, у которых число пазов в статоре равно 27.



Фиг. 164. Схема трехфазной двухслойной статорной обмотки, 36 пазов, 4 полюса, шаг *1—9*.

Фиг. 165. Схема соединения трехфазной двухслойной статорной обмотки, 4 полюса, 36 пазов, шаг *1—8* (одна фаза).

Из фиг. 166 видно, что эта обмотка отличается от обмотки на 24 паза тем, что здесь в каждой фазе кроме нор-



Фиг. 166. Схема трехфазной обмотки статора, 4 полюса, 27 пазов, шаг *1—7*.

Фиг. 167. Схема трехфазной двухслойной статорной обмотки, 6 полюсов, 27 пазов, шаг *1—5*.

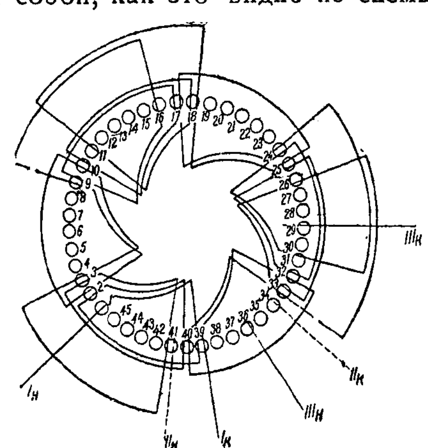
мальных двойных имеется по одной тройной катушке, которые размещены симметрично по окружности статора, т. е. на равном расстоянии друг от друга.

На фиг. 167 — шестиполюсной обмотки на 27 пазов. В последней схеме каждая фаза содержит три двойных и три одинарных катушки, а всего обмотка имеет девять двойных и девять одинарных

Фиг. 168. Схема трехфазной двухслойной обмотки статора, 30 пазов, 4 полюса, шаг *1—7*.

Фиг. 169. Схема трехфазной двухслойной статорной обмотки, 45 пазов, 4 полюса, шаг *1—12*.

катушки, которые при укладке в пазы чередуются между собой, как это видно из схемы. Изображенная на фиг. 168 четырехполюсная обмотка имеет ту особенность в сравнении с предыдущими, что в каждой фазе имеется по две двойных и по две тройных катушки, а вся обмотка содержит шесть двойных и шесть тройных катушек, чередующихся между собой.



Фиг. 170. Схема трехфазной двухслойной статорной обмотки, 45 пазов, 6 полюсов, шаг *1—8*.

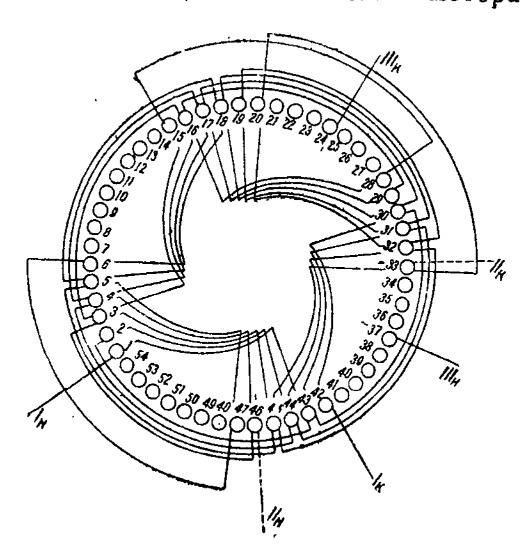
На фиг. 169 изображена четырехполюсная обмотка на 45 пазов. Здесь каждая фаза состоит из трех катушек, составленных из четырех секций, и одной катушки из трех секций. Каждая фаза начинается с тройной катушки, которые расположены по окружности статора на равном расстоянии друг от друга (пазы № *1*, *16* и *31*).

Изображенная на фиг. 170 шестиполюсная обмотка на 45 пазов содержит в каждой фазе три тройных и три двойных катушки.

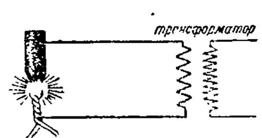
На фиг. 171 показана схема четырехполюсной обмотки на 54 паза. В каждой фазе имеется две катушки по четыре секции и две катушки по пять секций.

Соединение между собой катушек и присоединение выводных концов делается или посредством пайки или электросваркой, как показано на фиг. 172.

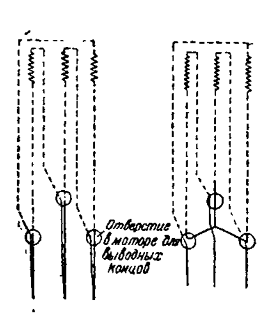
Вывод концов к зажимам мотора



Фиг. 171. Схема трехфазной двухслойной статорной обмотки, 54 паза, 4 полюса, шаг 1—13.



Фиг. 172. Способ соединения концов электросваркой.



Фиг. 173. Соединение выводных концов для включения треугольников.

Фиг. 174 Соединение выводных концов для включения звездой.

делается по схеме, изображенной на фиг. 159. У малых машин, не имеющих зажимов, выводят шесть концов кабелей, причем необходимо отличать какими-нибудь знаками начала и концы фаз.

Если для выхода концов имеются три отверстия, то в каждое из них выпускают конец одной фазы и начало другой. При соединении их по фиг. 173 статорная обмотка включается треугольником, а для включения обмотки звездой соединение делается по фиг. 174, где толстыми линиями обозначены начала фаз.

Иногда чтобы не перепутать кабели при отсутствии отличительных знаков на их выводных концах, разбирают мотор, перед его включением. Однако можно обойтись без этого, поступая следующим образом:

Находят посредством контрольной лампы два конца, принадлежащих к одной фазе и помечают их номерами *1* и *1'*, а концы второй и третьей фаз помечают номерами *2—2'* и *3—3'*.

От каждой пары концов берут по одному концу *1'*, *2'* и *3'* и соединив их вместе, включают мотор.

Фиг. 175. Способ переключения выводных концов для правильного включения мотора.

Если при пуске окажется, что концы и начала перепутаны (мотор гудит и забирает большой ток), то делают переключение концов согласно фиг. 175, пока не получится правильное соединение. Самое большое число переключений для получения правильного соединения концов — *3*.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

ПЕРЕМОТКА РОТОРОВ

55. КАТУШЕЧНАЯ ОБМОТКА

Роторы асинхронных двигателей имеют или катушечную обмотку или стержневую. Форма пазов может быть закрытая или полуоткрытая. Соединение фаз в роторных обмотках в большинстве случаев делается в звезду.

Катушки в фазах бывают соединены между собой параллельно или последовательно. Ввиду этого при разборке роторной обмотки следует прежде всего обратить внимание на схему соединения.

Если же в роторе, поступившем в ремонт, соединение нарушено и восстановить схему соединений нельзя, то вопрос можно решить таким образом:

Сравнивают общее количество витков в роторной и статорной обмотках. При равном (приблизительно) количестве витков и равной (тоже приблизительно) силе тока, обозначенной на фирменной дощечке, соединение катушек как в статоре, так и в роторе должно быть однообразно. При разборке обмотки, выполненной способом протяжки, первые (верхние) витки иногда вынимаются с трудом, а иногда и обрываются. В таких случаях первый виток надо прогреть током. Для этого удобно воспользоваться испытательным электромагнитом, применяемым для испытания

якорей на витковое (см. § 30), который будет нагревать замкнутые витки. Следовательно, надо искусственно замкнуть нужный виток и включить электромагнит, на который положен ротор; виток быстро нагревается и свободно вынимается из паза.

Способ намотки ротора в основном не отличается от катушечной намотки статора. Но нужно заметить, что роторная обмотка требует большей аккуратности выполнения в смысле симметрии лобовых частей катушек, в особенности у быстроходных моторов, тем более, что места для балансировочных грузов обычно не предусмотрены и поэтому сбалансировать ротор не представляется возможным.

56. СТЕРЖНЕВАЯ ОБМОТКА РОТОРА. ЗАРИСОВКА СХЕМЫ С НАТУРЫ. РАЗБОРКА И ПОДГОТОВКА К НАМОТКЕ

Прежде чем приступить к перемотке ротора, надо, сняв бандажи, сосчитать пазы, определить число полюсов и, разобравшись в схеме обмотки, сравнить ее с имеющейся в распоряжении готовой схемой, которой придется руководствоваться при перемотке. Число полюсов можно определить таким образом: если верхний стержень соединен с одним из нижних, находящимся на расстоянии от него на $^1/_4$ окружности, то число полюсов в данном случае равно 4.

Допустим, что число пазов 36, число полюсов 4, обмотка волновая, но такой схемы (которая должна иметь вид, изображенный на фиг. 176) в нашем распоряжении не имеется. В таком случае надо снять ее с натуры. Это делается таким образом. Проведя на бумаге окружность и разделив ее на 36 частей (по числу пазов), пометим на роторе и на схеме те пазы, в которых помещаются начала фаз, т. е. те стержни, которые соединены с контактными кольцами. Если в нашем примере начала фаз находятся на расстоянии друг от друга на $^1/_3$ окружности, то соответствующие им пазы на схеме должны быть отмечены номерами *1*, *13*, *25* (фиг. 177, *А*).

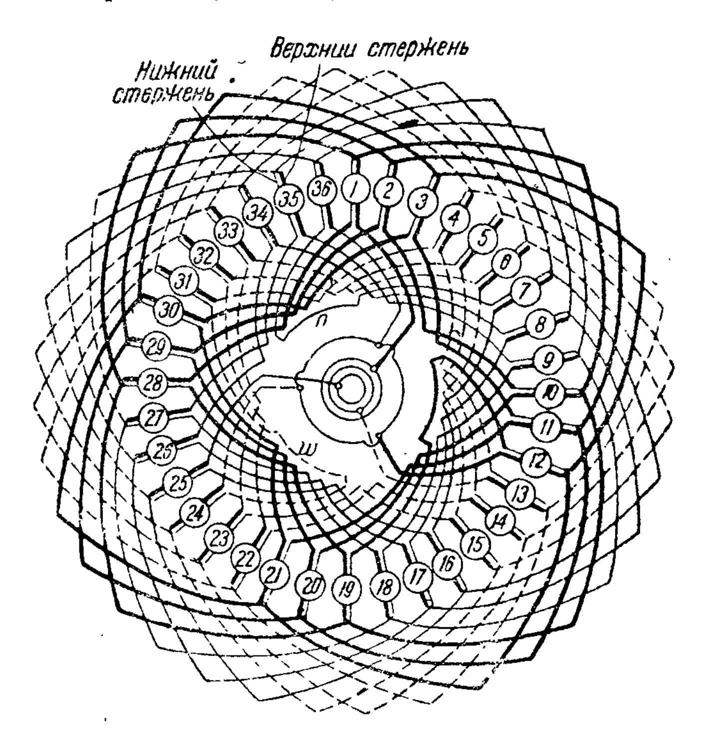
Одновременно надо отметить эти пазы и на роторе для того, чтобы потом заложить эти стержни на прежние места. Отметим далее те пазы, в которых помещаются обратные стержни (нижние), соединенные между собой перемычкой *п* (фиг. 176).

В некоторых роторах эти перемычки составляют одно целое с обратными стержнями и располагаются ближе к сердечнику ротора, как, например, на фиг. 182.

Необходимо помнить, что обратные стержни, о назначении которых будет сказано ниже, должны находиться в строго определенных пазах относительно тех пазов, кото-

рые уже отмечены нами. В данном случае они занимают пазы № *35* и *7*, № *12* и *19*, № *24* и *31*. Нанесем их на схему (фиг. 177, *Б*).

Заметим далее, что передние концы верхних шин, выходящие из пазов № *12*, *21* и *36* соединены между собой общим стержнем (концы фаз для соединения в звезду).



Фиг. 176. Волнообразная двухслойная обмотка ротора, 36 пазов 4 полюса, шаг *1—10*.

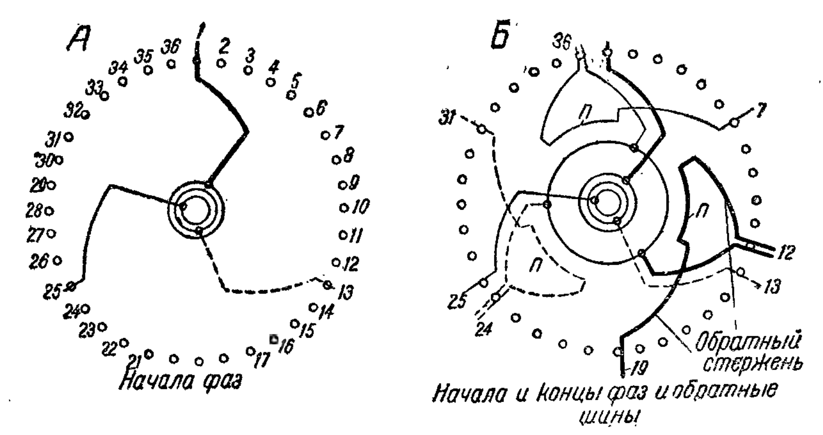
Наконец, находим посредством контрольной лампы шаг обмотки и зарисовываем схему, как показано на фиг. 178 и 179. После этого нужно заметить расстояния *а* и *б* (фиг. 180), выражая их числами пазов или зубцов, и приступают к отпайке хомутиков и разборке обмотки.

Для того чтобы вынуть стержни из пазов, их разгибают с одного конца с помощью двух специальных ключей, изображенных на фиг. 181. Верхний ряд разгибается со стороны контактных колец, а нижний — со стороны шкива.

Нижний ряд во всяком случае нельзя разгибать со стороны колец у тех роторов, у которых перемычка *п* состав-

ляет одно целое с обратными стержнями, как это видно из фиг. 182.

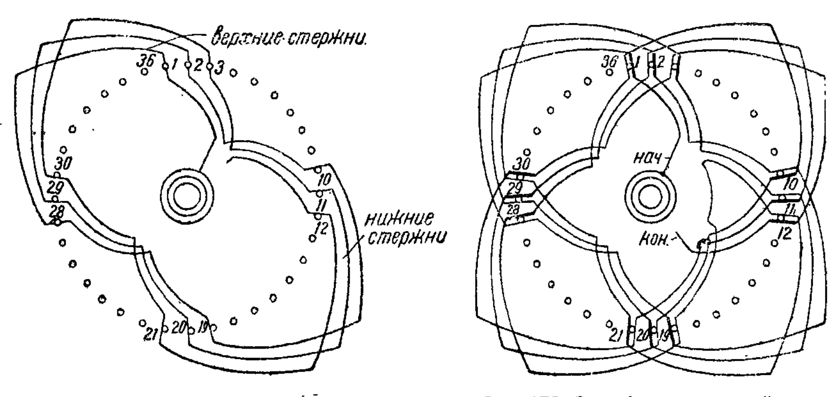
Как видно из фиг. 181, лобовая часть стержней на стороне контактных колец имеет разную длину; так, например, ниж-



Фиг 177. Зарисовка схемы обмотки при разборке ротора.

ний стержень, находящийся в пазу № *9*, значительно длиннее стержня, выходящего из паза № *10*.

Эту разницу необходимо учитывать при обратной закладке стержней; лучше всего при разборке пронумеровать



Фиг. 178. Половина фазы ротора с двухслойной обмоткой.

Фиг. 179. Одна фаза в роторной двухслойной трехфазной обмотке, 36 пазов, 4 полюса.

их и вставлять на свои места; кроме того, верхние стержни не должны быть смешаны с нижними.

Вынутые стержни очищают от старой изоляции и выправляют на плите; после этого проверяют, нет ли заусенцев,

и изолируют, применяя тот материал и толщину изоляции, какие были раньше.

Намотка последнего слоя ленты в полунахлестку делается с того конца, который не разогнут, иначе лента при протаскивании в паз будет задираться.

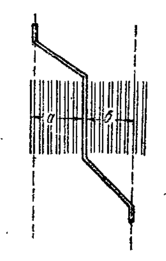
Затем стержни пропитывают в лаке и сушат, и наконец, проверив пазовую изоляцию и заменив в случае надобности поврежденные гильзы новыми, приступают к закладке стержней в пазы.

57. ЗАКЛАДКА СТЕРЖНЕЙ В ПАЗЫ РОТОРА. ВЫПОЛНЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ

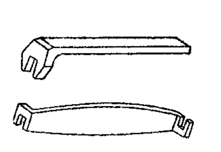
Как уже упоминалось выше, стержни имеют неодинаковую длину, и если перемешать их, то одни концы будут коротки, другие, наоборот, будут выступать. Во избежание этого стержни должны вставляться в те же пазы, из которых они были вынуты.

Для уменьшения трения стержни перед вставлением в пазы натираются парафином.

Закладку начинают с стержня № *1*, потом вставляют № *2*, *3* и т. д. Если же перемычка составляет одно целое с обратными стержнями (фиг. 182), то первыми вставляются обратные стержни. Вставив весь нижний ряд стержней, изгибают их при выходе из паза с помощью ключей (фиг. 181). Затем стержни стягиваются при выходе из пазов мягкой железной проволокой через прессшпан и легкими ударами деревянного молотка осаживаются до обмоткодержателя. Для плотного прилегания к обмоткодержателю стержни стягиваются временным бандажом или хомутом. Убедившись, что угол изгиба стержней взят верно, т. е. согласно зарисованному эскизу (фиг. 180), делают второй перегиб концов в тех местах, где надеваются хомутики.



Фиг. 180.


Фиг. 181. Ключи для отгибания концов роторных шин.

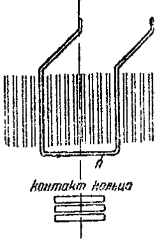
После этого переносят бандаж на загнутые концы и прокладывают между стержнями прессшпановые полоски, которые необходимы главным образом в углах изгибов концов, так как при надевании хомутиков и выравнивании концов здесь легко может быть повреждена изоляция на стержнях.

Теперь закрывают прессшпаном лобовые части стержней на обоих концах ротора и, стянув его киперной лентой,

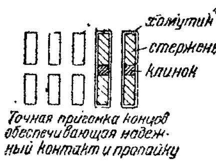
покрывают лаком, после чего приступают к закладке верхнего ряда стержней, вставляя их с противоположного конца, т. е. со стороны шкива. Стержни верхнего ряда изгибаются и притягиваются к нижнему ряду таким же способом.

После этого делают соединение верхних концов с нижними посредством хомутиков. Сначала соединяют со стороны шкива верхний стержень № *1* с нижним стержнем № *28* (фиг. 178), который должен быть раньше отмечен.

Нижний стержень № *28* соединяют на передней стороне с верхним стержнем № *19*, который потом соединяют с нижним № *10*. Если, прикоснувшись одним концом от контрольной лампы к верхнему концу на передней стороне стержня № *1*, а другим к нижнему № *10*, находящемуся рядом, уви-



Фиг. 182.





Фиг. 183.

дим, что лампа загорается, то шаг обмотки верен. Соединив нижний конец стержня № *10* с верхним № *2*, делают на задней стороне подряд все остальные соединения, а на передней согласно схеме (фиг. 176).

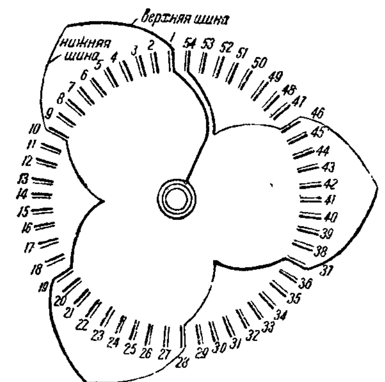
Большое значение имеет точность пригонки верхних концов по отношению к нижним. П р е ж д е ч е м с о е д и н я т ь к о н ц ы х о м у т и к а м и, н е о б х о д и м о д о б и т ь с я т о г о, ч т о б ы о н и с о в е р ш е н н о т о ч н о п р и х о д и л и с ь д р у г п р о т и в д р у г а и в о д н о й п л о с к о с т и (фиг. 183), не полагаясь на то, что они будут выправлены хомутиками и пропаяны, так как перекошенные концы не могут быть плотно обжаты хомутиками, а следовательно, хорошей пропайки не получится. Это упущение часто является причиной распайки соединений.

Хомутики должны быть предварительно выправлены, облужены и очищены от излишков олова.

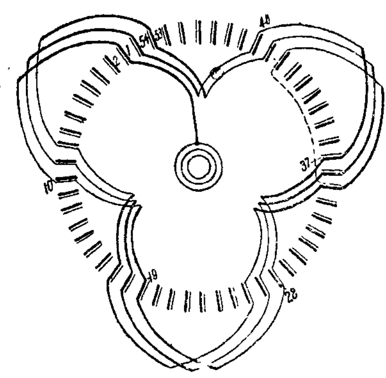
Промежуток между верхним и нижним концами в соединениях заполняется медными лужеными клиньями.

58. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ РОТОРНОЙ ОБМОТКИ

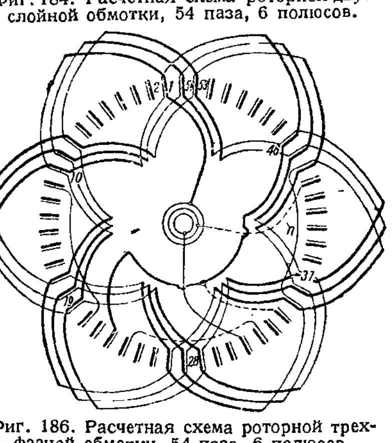
В практике приходится иногда иметь дело с перемоткой таких роторов, у которых обмотка или разобрана или соединения обмотки нарушены. В таких случаях надо прежде всего составить схему соединения.



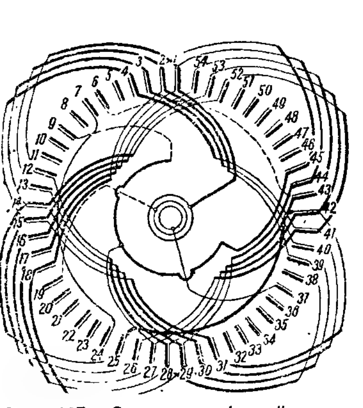
Фиг. 184. Расчетная схема роторной двухслойной обмотки, 54 паза, 6 полюсов.



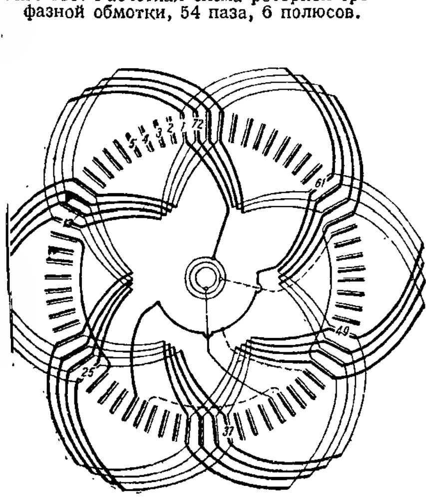
Фиг. 185. Расчетная схема роторной двухслойной обмотки, 54 паза, 6 полюсов.



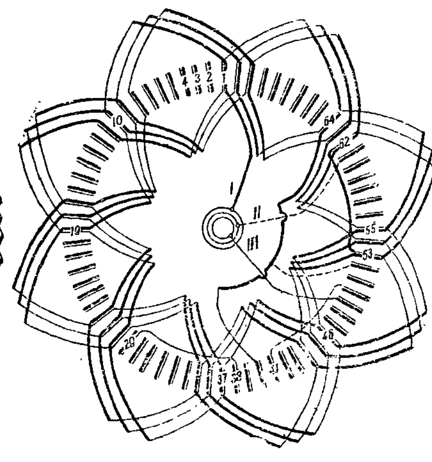
Фиг. 186. Расчетная схема роторной трехфазной обмотки, 54 паза, 6 полюсов.



Фиг. 187. Схема трехфазной роторной стержневой обмотки (одна фаза), 54 паза, полюса, задний шаг *1—12*.



. 188. Роторная стержневая обмотка (одна фаза), 72 паза, 6 полюсов, шаг *1—13*.



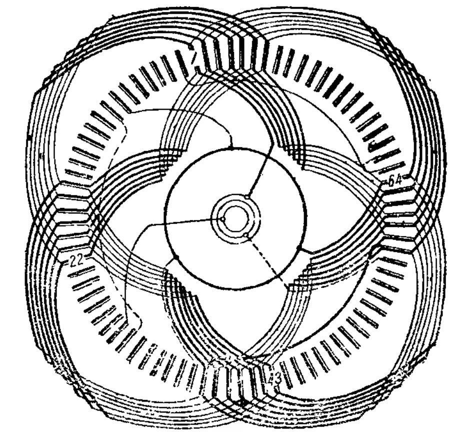
Фиг. 189. Схема трехфазной роторной обмотки (одна фаза), 72 паза, 8 полюсов, шаг *1—10*.

Пример. Ротор, подлежащий перемотке, имеет 54 паза; все стержни вынуты из пазов; обратиые стержни (три пары) составляют одно целое с перемычкой; требуется выполнить схему соединения обмотки ротора.

Для этого необходимо определить:

1) число полюсов;
2) число пазов на полюс и фазу;
3) шаг обмотки.

Число полюсов определяется или по статориой обмотке или же при отсутствии статора по углу изгиба роторных стержней, подобно тому, как определяли шаг в предыдущем примере. В данном примере число полюсов можно определить и по длине перемычки.



Фиг. 190. Схема трехфазной роторной шинной обмотки, 84 паза, 4 полюса, шаг *1—22*.

Число пазов, приходящееся на полюс, равно

$$\frac{\text{число пазов}}{\text{число полюсов}}.$$

Допустим, что число полюсов равно 6; тогда на один полюс приходится

$$\frac{54}{6} = 9 \text{ пазов},$$

из которых на каждую фазу приходится

$$\frac{9}{3} = 3 \text{ паза}.$$

Шаг обмотки определим по формуле

$$\frac{\text{число пазов}}{\text{число полюсов}}, \text{ т. е. } \frac{54}{6} = 9.$$

Для составления схемы проведем четыре вспомогательных окружности и разделим их на 54 части (по числу пазов).

В каждом пазу изобразим в виде двух линий верхний и нижний стержни (фиг. 184), обозначив толстой линией верхний стержень.

Примем верхний стержень в пазу *№ 1* за начало первой фазы и будем соединять согласно подсчитанному шагу:

на задней	стороне	верхний	стержень	№ *1*	с нижним	№ 10
„ передней	„	нижний	„	№ *10*	„ верхним	№ *19*
„ задней	„	верхний	„	№ *19*	„ нижним	№ *28*
„ передней	„	нижний	„	№ *28*	„ верхним	№ *37*
„ задней	„	верхний	„	№ *37*	„ нижним	№ *46*
„ передней	„	нижний	„	№ *46*	„ верхним	№ 54

Таким образом мы сделали один обход по окружности ротора (фиг. 184). Последний шаг мы сделали не 9, а 8; иначе пришли бы обратно в стержень *№ 1*, замкнув обмотку.

Проделав еще два таких обхода и зарисовав пройденный путь, мы займем, как видно из фиг. 185, наполовину те пазы, которые приходятся на каждый полюс первой фазы, иначе говоря, получим половину фазы.

Чтобы дополнить эти пазы, будем продолжать построение схемы (делая такой же шаг), но уже в обратном направлении. Для этого и служит перемычка. Заполнив три паза на полюс, мы получим одну первую фазу (фиг. 186).

Остальные две фазы можно и не делать, достаточно лишь наметить начала фаз, как показано на фиг. 186.

Схемы одной фазы вполне достаточно для того, чтобы по ней выполнить соединение обмотки ротора.

Читателю рекомендуется вычертить полную схему, применяя для первой, второй и третьей фаз карандаши разного цвета.

Схемы наиболее часто встречающихся роторных обмоток показаны на фиг. 187—190.

59. ИСПЫТАНИЕ РОТОРНОЙ ОБМОТКИ. ПАЙКА СОЕДИНЕНИЙ. БАНДАЖИРОВКА

Испытание роторной обмотки делается таким образом: После того как все нижние стержни вставлены в пазы, но еще не выгнуты, концы их обвязывают тонкой медной проволокой и испытывают на пробивание высоким напряжением (двойное рабочее напряжение + 1 000 *в*). То же самое делают потом и с верхним рядом стержней.

Изоляция между фазами также испытывается высоким напряжением, но уже после того, как все соединения, кроме нулевой точки звезды, выполнены и бандажи наложены. Одновременно с этим ротор испытывается и на „витковое" посредством испытательного магнита. Пайка соединений в роторе, в особенности в случае толстых стержней, представляет довольно трудную операцию и должна поручаться только опытному мастеру, тем более, что качество пайки проверить трудно.

Фиг. 191. Пайка ротора.

Для получения хорошей пропайки концы стержней должны быть предварительно облужены, хомутики должны плотно огибать соединяемые концы, рабочая поверхность паяльника должна плотно прилегать к хомутику (фиг. 191). Если пайка производится простым паяльником, нагреваемым на паяльной лампе, то он должен иметь такой вес, чтобы можно было закончить хотя бы одну пайку без перерыва.

Олово следует применять в виде тонкого прутка. Бандажировка ротора ничем не отличается от бандажировки якорей, описанной в § 28. Исключение составляют роторы, имеющие двухполюсные обмотки, лобовые части их значительно длиннее, чем у многополюсных, а скорость вращения приблизительно 2 900 об/мин. У больших роторов с двухполюсной обмоткой на лобовых частях бандажи кладутся в два слоя.

ПЕРЕДЕЛКА МАШИН НА ДРУГИЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ

60. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В связи с переходом в последние годы многих городов и крупных предприятий на переменный ток и переброски машин постоянного тока в другие места вопрос о переделке машин, в частности с одного напряжения на другое, в настоящее время имеет большое значение.

Спрашивается, всякая ли машина может быть приспособлена тем или иным способом под какое-нибудь другое напряжение или другую скорость вращения.

На приведенных ниже примерах увидим, что некоторые машины могут быть переделаны без заметного ухудшения качества и без потери мощности.

Другие машины не могут быть переделаны без ухудшения качества и уменьшения мощности, а некоторые машины, наоборот, могут быть приспособлены на другие условия работы с увеличением мощности. Вообще же переделка машин, в особенности больших, требующих больших затрат, дело довольно трудное и должно поручаться лицу, хорошо знакомому с теорией коммутации [1] и имеющему понятие о расчете машин вообще.

Приведенные ниже примеры, проверенные автором на практике, относятся главным образом к переделке машин малой мощности (до 50 *квт*) и в большинстве случаев такими способами, которые не требовали больших затрат.

61. ПЕРЕДЕЛКА МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА НА МЕНЬШЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Пример 1. Четырехполюсную диномомашину, построенную на 240 *в*, 43 *а*, требуется переделать на 120 *в*.

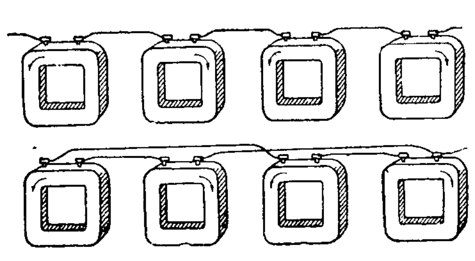
Для этого уменьшают количество оборотов якоря в $\frac{240}{120} = 2$ раза, оставляя без изменения величину магнитного поля. Но магнитное поле останется неизменным в том случае, если количество ампервитков в полюсных катушках также не будет изменено, иначе говоря, если по катушкам потечет ток прежней силы. Для этого надо цепь возбуждения разделить на две равные части и соединить их между собой параллельно, как показано на фиг. 192.

Таким образом машина будет работать от сети напряжения 120 *в*, но мощность ее уменьшится в два раза, так как, уменьшив напряжение, мы оставили без изменения сечение и схему якорной обмотки, а следовательно, неизменным останется и якорный ток.

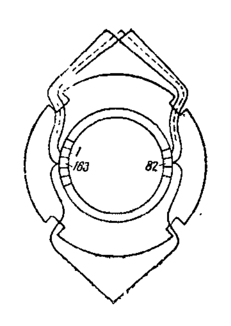
[1] Теория коммутации подробно описана в книге: академик К. И. Шенфер, Динамомашины и двигатели постоянного тока.

Пример 2. Что можно сделать с якорем машины в предыдущем примере, чтобы мощность машины после переделки на 120 *в* осталась без изменения.

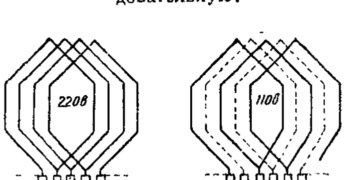
Нужно пересоединить якорную обмотку на петлевую, если она последовательная. Если же она петлевая, то пересоединить ее на двухкратную (фиг. 193).



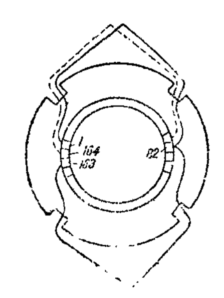
Фиг. 192. Пересоединение катушек с последовательной работы на параллельно-последовательную.

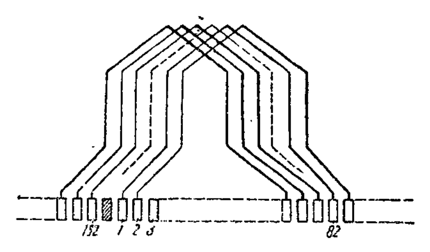


Фиг. 194. Последовательная обмотка с мертвой секцией, 163 пластины, шаг по коллектору *1—82*.



Фиг. 193. Пересоединение обыкновенной петлевой обмотки на двухкратную.





Фиг. 195. Переделка последовательной обмотки на параллельно-последовательную.

Фиг. 196. Последовательно-параллельная обмотка, 164 пластины, шаг по коллектору *1—82* (переделана из последовательной, фиг. 145).

В случае неисправного якоря, требующего перемотки, целесообразнее перемотать, не изменяя схемы, но делать намотку в две проволоки параллельно, применяя проволоку с прежним диаметром. Количество витков должно быть уменьшено в два раза.

В обоих случаях щетки должны быть заменены более мягкими, а полюсные катушки как главные, так и вспомогательные, должны быть пересоединены согласно схеме, изображенной на фиг. 192.

Пример 3. Исправный четырехполюсный электродвигатель, имеющий мощность 40 *л. с.*, 440 *в*, 80 *а*, 700 об/мин, и волновую стержневую обмотку с „мертвой" (вырезанной) секцией (фиг. 194) требуется переделать на 220 *в*, не изменяя мощности и скорости вращения.

С катушками поступают так же, как и в предыдущих примерах, а в отношении якоря применяют один из следующих способов.

Первый способ. Пересоединяют последовательную обмотку на петлевую.

Эта работа требует отпайки всех верхних и нижних концов от коллектора и перегибания их в обратную сторону.

Второй способ. Переделывают схему соединения обмотки из последовательной на параллельно-последовательную.

Для этого надставляют начало и конец обрезанной секции, предварительно отпаяв те верхние концы, которые приходятся между сторонами обрезанной секции, как показано на фиг. 195.

Затем вставляют в коллектор еще одну пластину в том месте, куда подходит надставленный нижний конец секции (на фигуре эта пластина заштрихована) и соединяют его с этой пластиной, как показано на фиг. 196. Отпаянные от пластин № *1, 2, 3 . . . 80, 81* верхние концы переставляют влево на одну пластину, освободив пластину № *81* для верхнего надставленного конца.

Если щетки перекрывают не менее 2—3 пластин, то щеткодержатели не переделываются, в противном случае нужно увеличить немного размер коробки щеткодержателей.

Но этот способ переделки машин допустим только в тех случаях, когда коллектор имеет большое количество пластин, например, не менее 163 (как в примере 3), так как в противном случае оказались бы неподходящими прежний профиль пластин и диаметр нажимных конусов.

Переделка машин с 440 на 110 возможна только в случае очень малых машин, у которых независимо от напряжения коллекторы имеют приблизительно одинаковую длину.

Что касается более мощных машин, начиная примерно с 10 *квт*, то 110-*в* машины имеют значительно более длинный коллектор, чем машины 440 *в*, и соответственно большее количество щеток, расположенных в осевом направлении.

Ввиду этого переделка машин с 440 на 110 *в* не всегда возможна.

62. ПЕРЕДЕЛКА МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА НА БОЛЬШЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Переделка машин на большее напряжение в большинстве случаев требует перемотки якоря и полюсных катушек.

Пример 1. Требуется перемотать якорь 110-*в* машины на 220 *в*, якорь намотан в одну проволоку диаметром 2,3 *мм*, количество проволок в каждом пазу 24. Какие изменения следует сделать в новой обмотке?

В новой обмотке количество проводников в пазу должно быть равно $2 \times 24 = 48$.

Находим затем по табл. 1 в конце книги сечение проволоки, имеющей диаметр 2,3 *мм*, оно равно 4,155 *мм*^{2}. Уменьшив его в два раза, получим приблизительно 2 *мм*^{2}. Этому сечению соответствует диаметр 1,6 *мм*.

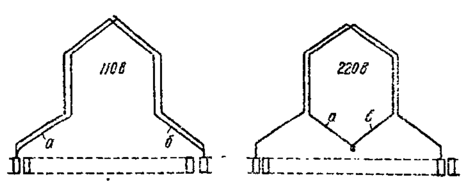
При новой обмотке получим ток, в два раза меньший, но мощность машины остается прежняя, так как с увеличением числа проводников увеличилось напряжение.

В большинстве случаев приходится уменьшать сечение проволоки не в два раза, а несколько больше, иначе она не уместится в пазу. Но так как плотность тока в тонких проводниках допускается выше, то допустимо без вреда для изоляции уменьшить и сечение.

Во многих случаях после перемотки якоря на большее напряжение под щетками появляется искрение. Объясняется это ухудшением коммутации благодаря тому, что количество витков, замыкаемое щеткой, теперь увеличилось в два раза. Однако после замены щеток более твердыми, имеющими большее сопротивление, искрение пропадает.

Что касается полюсных катушек, то они должны быть перемотаны также проволокой с сечением, меньшим в два раза, а количество витков соответственно должно быть увеличено.

Пример 2. Якорь динамомашины мощностью 30 *квт*, 120 *в* намотан в две (параллельно) проволоки круглого сечения, каждая секция состоит из одного витка (фиг. 197). Такой случай очень удобен для переделки якоря на 240*в*.



Фиг. 197. Пересоединение якорной обмотки с 110 на 220 *в*.

Соединив концы *а* и *б* между собой, получим секцию, имеющую два витка вместо одного. Способ этот применим как в последовательной обмотке, так и в петлевой.

Полюсные катушки в случае отсутствия обмоточной проволоки соответствующего диаметра могут быть оставлены без перемотки, но тогда последовательно к ним нужно включить добавочное сопротивление, равное общему сопротивлению катушек.

В данном случае к. п. д. машины уменьшается, так как бесполезно расходуется мощность в добавочном сопротивлении, равная

$$i_ш^2 \cdot r_p,$$

где $i_ш$ — сила тока в цепи возбуждения;

r_p — сопротивление добавочного реостата.

63. ПЕРЕДЕЛКА МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ДРУГИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Как известно, скорость вращения электродвигателя зависит от подводимого к нему напряжения, магнитного поля и числа якорных проводников.

Изменять напряжение на зажимах мотора можно только в сторону понижения, делая это посредством включения последовательно к якорю сопротивления, отчего уменьшается скорость вращения машины, а вместе с тем и мощность.

Если же включить сопротивление в цепь возбуждения, то уменьшится магнитное поле, а скорость вращения увеличится, однако при этом уменьшается вращающий момент.

Эти способы изменения скорости применяются, как известно, в тех случаях, когда от двигателя требуется получать различные скорости.

В некоторых случаях, например, для непосредственного соединения электродвигателя с насосом или динамомашины

с трехфазным двигателем приходится перематывать якорь, изменяя количество якорных проводников.

Как известно, между числом оборотов якоря и количеством якорных проводников существует обратная пропорциональность. Поэтому, если нужно увеличить скорость вращения, например, на 20%, то количество якорных проводников следует уменьшить на 20%.

Изменять скорость вращения якоря в сторону повышения можно только в небольших пределах, так как при увеличении скорости вращения э. д. с. самоиндукции, возникающая в секциях, замыкаемых накоротко щетками, увеличивается пропорционально скорости.

Вместе с тем увеличивается и так называемый „добавочный" ток в замкнутой секции, проходящий через щетку в момент перехода секции из одной ветви в другую (т. е. через нейтральную линию). Добавочный ток перегружает щетку, вызывая искрение.

Ввиду большого разнообразия в конструкции машин, величина э. д. с. короткозамкнутой секции, а следовательно, и величина „добавочного" тока также различны. Поэтому предугадать, будет ли машина искрить после переделки на большую скорость, трудно, не зная расчета машины.

В возможности такой переделки можно убедиться опытным путем следующим образом:

Не перематывая якорь, дать машине требуемое (повышенное) число оборотов, увеличив, например, подводимое к зажимам мотора напряжение, и нагрузить его на полную мощность. Если искрения при этом не наблюдается, то его не будет и после перемотки якоря.

Пример 1. Приобретенный для центробежного насоса, требующего 1 600 оборотов в минуту, электродвигатель постоянного тока мощностью 5 *квт* имеет 1 250 оборотов.

Как надо поступить, чтобы использовать этот мотор для непосредственного соединения с насосом, если потребная мощность насоса точно неизвестна.

Здесь возможны два варианта. Прежде всего надо убедиться, будет ли достаточна мощность мотора в том случае, если в цепь возбуждения включить добавочное (в виде реостата) сопротивление, доведя скорость мотора до 1 600 об/мин.

Если при этом окажется, что мотор затормаживается, то необходимо увеличить скорость другим способом, связанным с перемоткой якоря. Для этого делают перерасчет и перемотку якоря проводником большего сечения.

Допустим, что в пазу было 24 проводника. Но так как скорость вращения якоря обратно пропорциональна количеству якорных проводников, то в данном случае его надо сделать равным $24\,\frac{1\,250}{1\,600} = 18$ проводникам.

Вместе с тем надо увеличить несколько и сечение проводников, что позволит увеличить несколько мощность мотора.

Пример 2. Для зарядки аккумуляторов имеется динамомашина, требующая 1 800 об/мин. Что нужно сделать с ней для того, чтобы она работала при непосредственном соединении с трехфазным двигателем, делающим 1 440 об/мин.

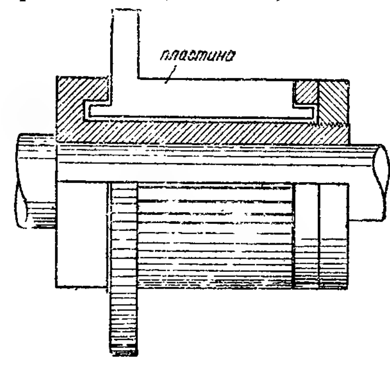
Нужно перемотать якорь, увеличив число якорных проводников в $\frac{1\,800}{1\,440} = 1{,}25$ раза.

Если, например, в якорном пазу было 24 проводника, то при новой обмотке нужно поместить $24 \cdot 1{,}25 = 30$ проводников. Диаметр проволоки при этом необходимо уменьшить, вместе с тем, конечно, уменьшится и допускаемая нагрузка динамо.

64. УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Старинные машины отличаются от современных между прочим тем, что они имеют значительно большие размеры и малую скорость вращения.

Плотность тока в обмотках при конструировании их принималась низкой, следовательно, и нагрев обмоток допускался соответственно ниже допускаемого в современных машинах.



Фиг. 198. Старинный способ крепления коллектора на втулке.

Поэтому некоторые машины старых выпусков можно нагружать больше примерно на 20—25% против мощности, указанной в паспорте машины.

Среди этих машин имеются тихоходные, мощность которых в некоторых случаях можно бывает увеличить до двухкратной.

Пример 1. 110-*в* машина мощностью 5 *л. с.*, 40 *а* поступила в перемотку на 220 *в*, после чего она предназначалась работать в условиях двигателя. Что можно сделать с этой машиной, чтобы использовать ее наивыгоднейшим образом?

Прежде всего надо, пустив ее при напряжении 110 *в*, определить число оборотов. Допустим, что оно равно 500 об/мин. После этого включают в цепь возбуждения сопротивление, равное сопротивлению катушек, и включают машину в сеть с напряжением 220 *в*, доводя скорость вращения до 1 000 об/мин., выключая сопротивление пускового реостата и поднимая нагрузку до 40 *а*.

Если окажется, что коллектор не искрит, якорная обмотка, железо и подшипники не перегреваются, то можно заключить, что машина может быть использована в качестве мотора без перемотки якоря при включении ее в сеть с напряжением 220 *в* с увеличением мощности в два раза.

Но прежде чем пускать мотор в эксплоатацию, необходимо обратить внимание на бандажи и усилить их, если нужно, так как центробежная сила обмотки якоря при увеличении числа оборотов вдвое возросла в четыре раза.

Кроме того, коллекторы старинных машин, как правило, имеют способ крепления на втулке, изображенный на фиг. 198. Такая конструкция, принимая во внимание сравнительно большой вес коллектора и увеличивающуюся центробежную силу, будет уже непригодна, так как возможно не только выпучивание отдельных пластин, но и разрушение всего коллектора.

Ввиду этого способ крепления коллектора должен быть переделан так, как делается у современных машин („ласточкин хвост").

Наконец, надо обратить внимание на число коллекторных пластин. При малом числе пластин напряжение между смежными пластинами может быть велико. В таком случае прежний коллектор, а также и обмотка будут непригодны.

Среднее напряжение между двумя смежными пластинами равно напряжению машины, деленному на число пластин, приходящееся между двумя щетками разноименной полярности. Оно не должно быть более 15 *в*.

Пример 2. Что можно и нужно сделать с закрытым мотором, если такой мотор попадает в условия работы нормальных моторов?

Такие моторы во избежание перегрева имеют очень малую плотность тока в обмотках, а следовательно, и большие размеры машины вообще.

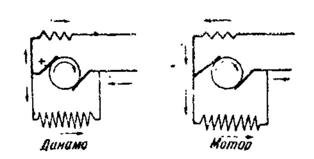
Переделав закрытый мотор на открытый и поставив, если позволяет место, вентилятор, удается увеличить нагрузку до 50%.

65. ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ МОТОРА НА РАБОТУ В КАЧЕСТВЕ ДИНАМО, И НАОБОРОТ

Как известно, динамомашины постоянного тока могут работать в качестве двигателей, и наоборот. Однако на практике в некоторых случаях не удается использовать это свойство машин.

Так, например, мотор последовательного возбуждения, вообще говоря, не может быть использован в качестве динамо в тех случаях, когда предполагаемая нагрузка не соответствует номинальной мощности данной машины, так как напряжение машины с последовательным возбуждением резко изменяется при колебаниях нагрузки.

Фиг. 199. Чередование полярностей вспомогательных полюсов.



Фиг. 200. Направление тока в главных и вспомогательных катушках.

Что касается машин другого возбуждения, то и здесь иногда встречаются те или иные трудности.

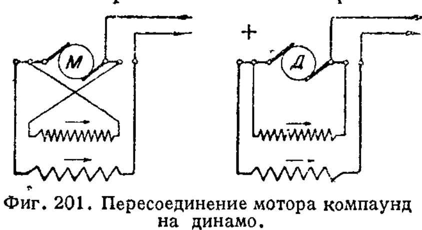
Так, например, слишком быстроходные моторы не рекомендуется ставить на работу в качестве динамо, потому что она требует еще более быстрого вращения якоря, ко-

торое невыгодно отразится на износе подшипников, коллектора, искрении и т. п.

Разница в оборотах мотора и генератора составляет примерно 25—30%.

Если шунтовая динамомашина переключается на работу в качестве мотора, или наоборот, то все внутренние соединения в том числе и соединение катушек вспомогательных полюсов с якорем остаются без изменения.

Полярность дополнительных полюсов у мотора должна быть обратная той полярности, какая должна быть у генератора, как это видно из фиг. 199.



Фиг. 201. Пересоединение мотора компаунд на динамо.

Но перемена полярности дополнительных полюсов происходит автоматически, как показывает фиг. 200.

При переключении динамомашины компаунд на работу в качестве мотора концы шунтовой обмотки надо поменять местами (фиг. 201).

Посмотрим, как используются машины при переключении с одного вида работы на другой в отношении мощности.

Пример. Пусть электродвигатель, имеющий на паспорте: 110 *в*, 10,3 *квт*, 100 *а* переводится на работу в качестве динамомашины. Какую мощность может дать эта машина, работая с нормальной нагрузкой в качестве динамо?

Динамомашина, как известно, должна давать напряжение не 110, а 120 *в*, (разница в 10 *в* расходуется на потери напряжения в сети), но сила тока остается одна и та же. Следовательно, мощность, которую должна давать динамомашина, будет равна

$$120 \cdot 100 = 12 \text{ квт}$$

вместо указанной на паспорте для мотора 10,3 *квт*.

66. ПЕРЕДЕЛКА МАШИН НА ДРУГОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ

Всякий электродвигатель последовательного возбуждения можно переделать на шунтовой и обратно. Якорь при этом не перематывается, достаточно лишь перемотать одни катушки главных полюсов.

При изготовлении новых катушек нужно стараться сохранить прежнее количество ампервитков, чтобы магнитное поле осталось без изменения.

Если, например, по катушкам проходит ток 100 *а*, а количество витков в ней равно 200, то катушка имеет $100 \cdot 200 = 20\,000$ ампервитков. Такое же количество ампервитков должна иметь каждая из новых шунтовых катушек.

Пример. Четырехполюсный электродвигатель последовательного возбуждения 27 *квт*, 220 *в*, 130 *а* требуется переделать на шунтовую динамомашину.

Определим величину тока для шунтовых катушек.

При конструировании шунтовых машин постоянного тока величину тока возбуждения берут, исходя из процентного отношения к якорному току.

В табл. 10 мы видим, что для динамомашины мощностью 27 *квт* шунтовый ток составляет около 3% от якорного тока; в данном случае 3% дают

$$\frac{130 \cdot 3}{100} = 3{,}9 \ a.$$

По закону Ома сопротивление катушек должно быть равно

$$\frac{220}{3{,}9} = 56 \ ом,$$

а для того, чтобы катушки не нагревались выше нормы и имели минимальные размеры (иначе они могут не уместиться), необходимо подобрать соответствующее сечение проволоки, выбираемое с таким расчетом, чтобы на каждый квадратный миллиметр сечения проволоки приходилось 2—3 *а* (плотность тока на 1 $мм^2$).

Допустим плотность тока равной 3 $a/мм^2$. Тогда при силе тока 3,9 *а* сечение проволоки должно быть $\frac{3{,}9}{3} = 1{,}3 \ мм^2$, что соответствует диаметру 1,29 *мм* (округляемого до 1,3 *мм*).

Теперь определим с помощью табл. 1 длину и вес проволоки.

В последней графе таблицы находим, что на 1 *ом* сопротивления приходится 75,85 *м*. Следовательно, для 56 *ом* потребуется $56 \cdot 75{,}85 = 4\,248$ *м*.

На 1 *кг* этой проволоки согласно таблице приходится 84,53 *м*, откуда вес всей проволоки равен

$$\frac{4\,248}{84{,}53} = 50{,}3 \ кг,$$

а на одну катушку

$$\frac{50{,}3}{4} = 12{,}6 \ кг.$$

Намотав одну катушку, весящую 12,6 *кг* и сосчитав витки, узнаем таким образом ампервитки ее.

Если окажется, что количество ампервитков новой катушки не совпадает с ампервитками последовательной катушки, например, меньше в 1,25 раза, то надо увеличить сечение в 1,25 раза, оставив без изменения длину проволоки. В данном случае нужно заменить ее другой с диаметром 1,45 *мм*, а количество витков сохранить прежнее.

67. ПЕРЕСОЕДИНЕНИЕ ОБМОТОК МАШИН ТРЕХФАЗНОГО ТОКА НА ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Машины трехфазного тока могут быть переделаны на другое напряжение посредством перемотки или путем пересоединения элементов обмотки.

Пример 1. Пусть требуется переделать восьмиполюсный генератор с 2 000 на 500 *в*, число пазов 72, каждая фаза имеет четыре катушки, соединенные между собой последовательно.

Для этого все катушки надо разъединить и в каждой фазе соединить четыре катушки параллельно.

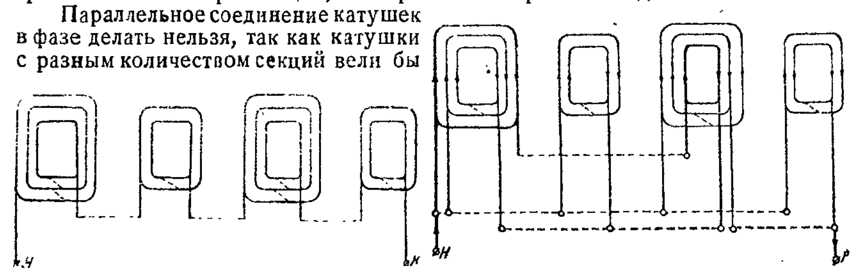
При соединении фазы в звезду практическое выполнение этой работы сводится к следующему:

Все начала катушек присоединяют к трем (по числу фаз) кольцевым шинам, а концы катушек в одну общую шину. Сечение шин и выводных концов должно соответствовать величине тока, который после пересоединения увеличится в четыре раза.

Пример 2. Генератор 175 *ква*, 750 об/мин, 3 000 *в* требуется переделать на 500 *в*. Число пазов равно 60; катушки в фазе соединены последовательно. Что нужно сделать с обмоткой, не перематывая статор?

В отличие от предыдущего примера в каждой фазе имеются катушки, состоящие из разного количества секций (фиг. 202), а именно: первая и третья имеют по три секции, а вторая и четвертая — по две секции.

Параллельное соединение катушек в фазе делать нельзя, так как катушки с разным количеством секций вели бы



Фиг. 202. Соединение катушек в одной фазе генератора 3 000 *в* (число пазов 60, число полюсов 8).

Фиг. 203. Способ соединения катушек параллельно для получения 600 *в* вместо 3 000 *в* (см. фиг. 202).

себя так же, как генераторы с разными напряжениями при включении их на параллельную работу. В данном случае независимо от того, нагружен генератор или нет, по обмотке его должны протекать выравнивающие токи, перегружая и нагревая тройные катушки.

В этом случае надо поступить таким образом:

От катушек первой и третьей выключают по одной секции и соединяют их последовательно между собой, как показано на фиг. 203. Таким образом в каждой фазе получится по пять катушек (вместо четырех), из которых одна разделена на две части, находящиеся под разными полюсами одноименной полярности. Затем все пять катушек в фазе соединяют между собой параллельно, отчего напряжение фазы, а следовательно, и генератора уменьшается в пять раз, т. е. напряжение генератора будет равно $\frac{3\,000}{5} = 600$ *в*.

Понижение напряжения до 500 *в* делается посредством регулировочного реостата в цепи возбуждения. В данном случае генератор будет работать при менее насыщенных полюсах, отчего магнитное поле, а следовательно, и напряжение машины при колебаниях в нагрузке могут быть неустойчивы.

Все зависит от того, какая была допущена магнитная индукция при расчете генератора.

Если при таком способе переключения элементов обмотки приходится одновременно ремонтировать и статорную обмотку, например, перематывать катушку, то необходимо иметь в виду, что напряжение между витками, а также и между отдельными секциями остается без изменения. Поэтому изоляция и порядок размещения проводников в пазах также не должны изменяться.

68. ПЕРЕМОТКА МАШИН ТРЕХФАЗНОГО ТОКА НА ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Когда схема обмотки или соотношение напряжений не позволяет получить другое напряжение посредством переключения катушек, тогда делают перемотку статора.

При перемотке количество проводников в пазу изменяют пропорционально изменению напряжения, а сечение обратно пропорционально. Если, уменьшая напряжение и увеличивая сечение, окажется, что провод получается слишком толст, то заменяют его двумя или несколькими проводами, соединенными параллельно.

Перемотка на более высокое напряжение, например, с 220 на 380 или на 500 *в*, не всегда возможна без потери мощности, так как проводники подсчитанного диаметра не помещаются в пазу, вследствие чего приходится несколько уменьшать диаметр проволоки, а следовательно, и нагрузку.

Во всех случаях, когда статор перематывается на другое напряжение, ротор остается без изменения.

Пример 1. Статор электродвигателя 3,7 *квт*, 500 *в* (при соединении в звезду), намотанный проволокой диаметром 1,6 *мм* имеет в пазу 40 проводников. Сколько проводников надо поместить в пазу и какой диаметр должна иметь новая проволока, чтобы перемотать статор на 220/380 *в*?

Решение. Количество проволок в пазу должно быть

$$\frac{40 \cdot 380}{500} = 30.$$

Сечение старой проволоки, имеющей диаметр 1,6 *мм*, равно 2,011 *мм*^{2}, а сечение новой

$$2{,}011 \times \frac{500}{380} = 2{,}65 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Итак, } \frac{\pi d^2}{4} = 2{,}65, \text{ откуда } d^2 = \frac{2{,}65 \cdot 4}{3{,}14} = 3{,}36,$$

а диаметр $d = \sqrt{3{,}36} = 1{,}83$ *мм*, округляем до 1,9 *мм*.

Перед намоткой следует убедиться, позволяют ли размеры паза разместить эту проволоку и не окажется ли более удобным другой вариант: делать намотку параллельно в две проволоки диаметром 1,3, общее сечение которых равно $1{,}32 \times 2 = 2{,}64$ *мм*^{2}.

Пример 2. Для того чтобы уменьшить пусковой ток короткозамкнутого мотора 4,5 *квт*, 220/380 *в*, при включении его в сеть напряжением 380 *в* решено воспользоваться переключением со звезды на треугольник, для чего обмотка должна быть переделана на 380 *в* при включении фаз на треугольник.

Как должна быть изменена обмотка в отношении сечения проволоки и количества проводников в пазу?

Так как прежнее напряжение при соединении фаз треугольником равно 220 *в*, а новое должно быть 380, то количество витков надо увеличить в $\frac{380}{220} = 1{,}73$ раза.

Во столько же раз надо уменьшить сечение проволоки.

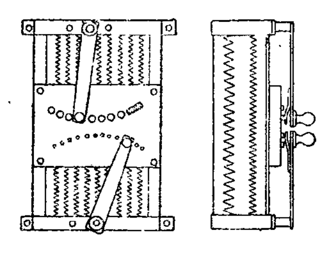
Пусковой ток в данном случае уменьшится в три раза.

ПЕРЕДЕЛКА МОТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

69. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На практике очень часто встречаются случаи, когда требуется преобразовать имеющийся в распоряжении трехфазный ток в постоянный или постоянный ток в трехфазный. Для этой цели необходимо иметь специальную машину — преобразователь.

Вследствие недостаточного количества таких преобразователей выпускаемых заводами является необходимость в переделке обыкновенных моторов постоянного тока на преобразователи.



Фиг. 204. Комбинированный реостат для преобразователя.

Для этой цели наиболее удобны четырехполюсные машины постоянного тока мощностью 3—4 *л. с.* не слишком быстроходные.[1] Устройство и действие преобразователя состоит в следующем:

На якоре имеются две обмотки, из которых одна для постоянного тока, поступающего из сети с напряжением 110 или 220 *в*, другая для трехфазного, предназначенного для питания звуковых киноустановок или для других целей, дающая на кольцах напряжение 127 или 220 *в* при 50 периодах. Для получения тока в 50 периодов скорость вращения якоря при четырех полюсах должна быть равна 1 500 об/мин.

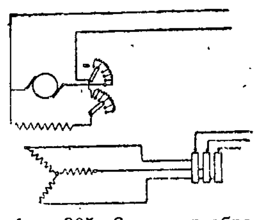
Ввиду того что скорость вращения меняется при колебаниях подводимого к преобразованию напряжения, для поддерживания постоянного числа периодов служит реостат, включаемый последовательно в цепь якоря, элементы сопротивления которого рассчитываются на продолжительное пребывание под током. Для регулирования напряжения применяется обыкновенный шунтовой реостат, включаемый в цепь возбуждения.

Оба реостата монтируются в одном приборе и получается комбинированный реостат с двумя рядами контактов и с двумя рукоятками, как показано на фиг. 204.

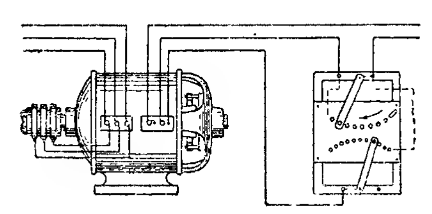
[1] Быстроходные моторы имеют малые размеры, не позволяющие разместить в якорных пазах требуемое количество и размер проводников.

Принципиальная схема преобразователя показана на фиг. 205, а монтажная схема соединения изображена на фиг. 206.

Во избежание разрыва в цепи возбуждения шунтовая часть реостата не должна иметь холостого контакта, иначе говоря, шунтовое сопротивление не должно выключаться полностью. Кроме того, чтобы исключить возможность создания недопустимо высокой скорости вращения якоря при большом ослаблении магнитного поля, шунтовое сопротивление должно быть не более $^1/_2$ сопротивления полюсных катушек.



Фиг. 205. Схема преобразователя с постоянного на трехфазный ток



Фиг. 206. Монтажная схема соединения преобразователя.

Якори мелких четырехполюсных моторов, из которых приходится делать преобразователи, обычно имеют число пазов: 25, 27, 29, 31, 33, 35 при последовательной обмотке и 28, 32, 34—при петлевой.

Эти числа пазов за исключением 27 и 33 не позволяют сделать симметричной трехфазной обмотки якоря. Тем не менее, как показывает опыт преобразователи, сделанные из таких моторов, в работе оказались вполне удовлетворительными. Моторы, указанной выше мощности 3 — 4 *л. с.*, позволяют разместить в якорных пазах нужное количество проводников соответствующего сечения. Количество проводников определяется способами, указанными в нижеприведенных примерах, а диаметр проволоки для обмотки трехфазного тока, соединенной в звезду при напряжении 220 *в*, должен быть не менее 0,8 *мм*, а при напряжении 120 *в* и соединении фаз в звезду —1 *мм*; для последовательной якорной обмотки постоянного тока при напряжении 220 *в* диаметр проволоки не менее —1 *мм*, а при напряжении 110 *в* — 1,5 *мм*; в случае петлевой обмотки при напряжении постоянного тока 220 *в* — 0,7 *мм*, а при 110 *в* — 1 *мм*.

70. РАСЧЕТ ЯКОРНЫХ ОБМОТОК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ

Пример 1. Машина, предназначенная для переделки на преобразователь с 110 *в* постоянного тока на 220 *в* трехфазного тока, имеет следующие данные: „Мотор ВКЭ“ 4 *л. с.*, 110 *в*, 1 200 об/мин, 4 полюса, 33 паза, 99 коллекторных пластин.

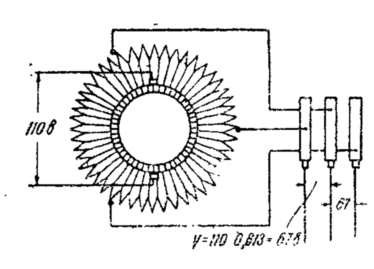
Якорные секции состоят из трех проволок, намотанных в четыре витка; обмотка — волновая (последовательная).

Для получения 50 периодов преобразователь должен делать 1500 об/мин, следовательно количество якорных проводников надо уменьшить в $\frac{1500}{1200} = 1{,}25$ раза.

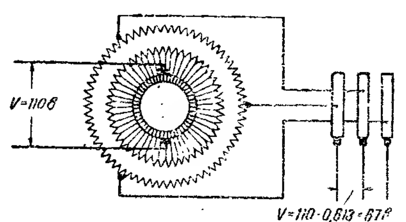
Поэтому новые секции для обмотки постоянного тока должны иметь $\frac{4}{1{,}25} = 3$ витка.

Так как в пазу помещается две стороны секций (нижняя и верхняя), то количество проводников в одном пазу, принадлежащих к обмотке постоянного тока, в данном случае будет равно

$$2 \cdot 3 \cdot 3 = 18.$$



Фиг. 207. Схема преобразователя с одной общей якорной обмоткой.



Фиг. 208. Схема преобразователя с двумя самостоятельными обмотками, с одинаковым количеством проводников (соединение фаз △).

Для того чтобы определить количество проводников для трехфазной обмотки, рассуждаем так:

Если для получения трехфазной обмотки сделаем в трех соответствующих точках якорной обмотки (фиг. 207) ответвления и соединим их с кольцами, то получим на них, как известно, напряжение, равное:

напряжение постоянного тока × 0,613,

т. е. $110 \cdot 0{,}613 = 67$ *в*.

Такое же напряжение получим в фазе и в том случае, если сделаем в этом же якоре самостоятельную трехфазную обмотку (фиг. 208) при том же числе проводников.

Фиг. 209. Схема преобразователя с двумя самостоятельными обмотками, с одинаковым числом проводников (фазы соединены Y).

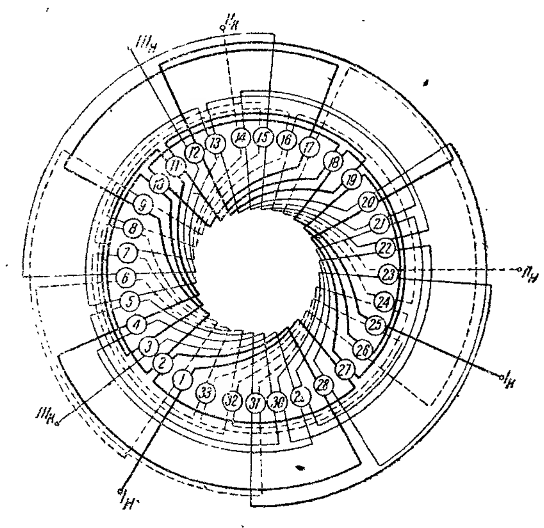
Если же соединим три фазы самостоятельной обмотки в звезду (фиг. 209), то получим напряжение $67 \cdot 1{,}73 = 116$ *в*. Но так как на кольцах требуется получить 220 *в*, то количество проводников для трехфазной обмотки должно быть больше чем в постоянной в $\frac{220}{116}$ раз.

Следовательно, количество проводников в пазу для трехфазной обмотки должно быть равно не 18, как для обмотки постоянного тока, а $18 \cdot \frac{220}{116} = 34$ проводникам, т. е. каждая секция трехфазной обмотки должна состоять из 17 витков.

Увеличим это число до 20, чтобы получить запас напряжения обмотки. Шаг обмотки по якорю для постоянного тока остается без изменения, т. е. $\frac{33}{4} = 8$ (1—9), а для трехфазной обмотки сделаем укороченный 1—8, как показано на схеме, изображенной на фиг. 210.

Сделав две пробные секции, одну для постоянного тока, другую для трехфазного из проволоки диаметром 1,5 и 0,8 *мм* как упоминалось в § 69, и убедившись, что обе обмотки размещаются в пазах, делают остальные секции. Затем закладывают в пазы секции, принадлежащие к обмотке постоянного тока, и делают соединения с коллектором.

После этого, не обрезая пазовую изоляцию, но проложив прессшпановые прокладки в пазах и изолировав лобовые части обмотки, приступают к закладке секций трехфазной обмотки. Затем делают соединения и вывод трех концов к кольцам через отверстие, сделанное в валу.



Фиг. 210. Схема трехфазной обмотки преобразователя, 33 паза, шаг *1—8*.

Пример 2. Имеется четырехполюсная динамомашина „Вестингауз" 115 *в*, 28 *а*, 1 600 оборотов. Требуется сделать из нее преобразователь с 220 *в* постоянного тока на трехфазный 220 *в*.

Определим число оборотов якоря при работе машины в качестве мотора, включив его в сеть с напряжением 110 *в*. Допустим, что при этом число оборотов оказалось равным 1 000. Число пазов якоря — 29, и секция якоря намотана из трех проволок и имеет четыре витка, обмотка якоря — волновая.

Для того чтобы вместо 1 000 об/мин получить 1 500, уменьшим соответственно число витков в секции и получим для напряжения 110 *в* $4 \cdot \frac{1\,000}{1\,500} = 2{,}6$ витка, а для включения обмотки в сеть с напряжением 220 *в* количество витков увеличим в два раза и получим $2 \cdot 2{,}6 \approx 5$ витков в секции, т. е. $3 \times 5 = 15$ проводников.

При одинаковом количестве проводников в обеих обмотках фазовое напряжение будет равно

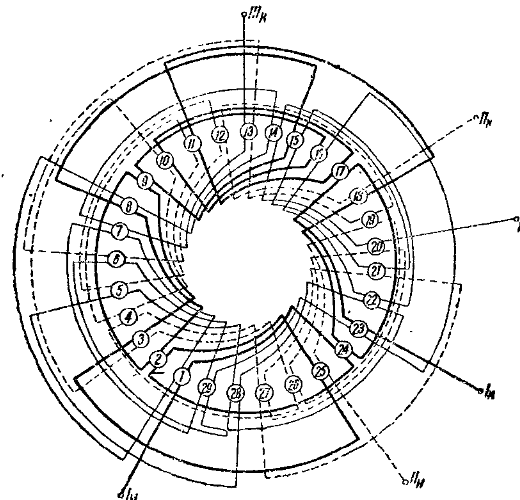
$$220 \cdot 0{,}613 = 133 \text{ в},$$

а на кольцах при соединении фаз Y

$$133 \cdot 1{,}73 = 230 \text{ в}.$$

Таким образом требуемое напряжение на кольцах (с небольшим запасом) получится в том случае, если секции трехфазной обмотки будут состоять также из 15 проводников.

Шаг обмотки по якорю для постоянного тока $\frac{29}{4} \approx 7$ (1—8), а для трехфазной — укороченный 1—7. Схема обмотки постоянного тока — последовательная, а для трехфазной — изображенная на фиг. 211.



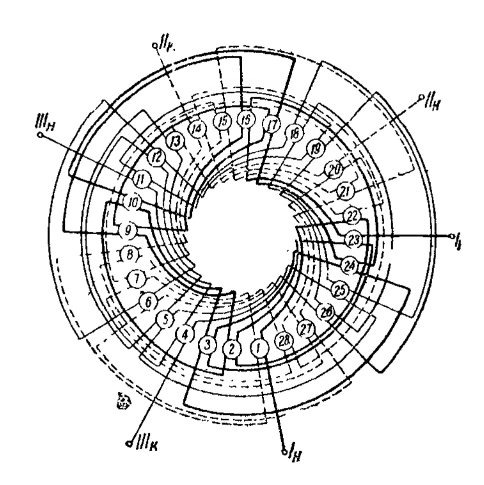
Фиг. 211. Схема трехфазной обмотки преобразователя, 29 пазов, 4 полюса, шаг 1—7.

Последняя отличается от статорной схемы, показанной на фиг. 168, тем, что в первой фазе группа состоит не из трех секций, а из двух.

Для того чтобы во всех фазах сделать приблизительно одинаковое число проводников, 9 секций (для первой фазы) делают по 17 проводников, а остальные 20 секций для других фаз по 15 проводников.

Перед укладкой секций на якоре пазы первой фазы должны быть помечены. Далее поступают так же, как и в предыдущем примере.

Пример 3. Мотор 110 *в*, 4 *квт*, 1 600 об/мин, с петлевой якорной обмоткой требуется переделать на преобразователь с 110 *в* постоянного тока на трехфазный 220 *в*. Число пазов 28, число коллекторных пластин 84. Секция якоря намотана из трех проволок и имеет шесть витков.



Фиг. 212. Схема трехфазной обмотки одноякорного преобразователя, 4 полюса, 1 500 об/мин. 28 пазов, шаг 1—8.

Для получения 1 500 об/мин якоря увеличим количество витков в секции в $\frac{1\,600}{1\,500}$ раз и получим

$6 \cdot \frac{1\,600}{1\,500} = 6{,}4$ витка; а округлив до 6, получим прежнее число витков.

Таким образом новые якорные секции должны быть намотаны из трех проволок в шесть витков, а число проводников в пазу, занятом обмоткой постоянного тока, равно $2 \cdot 3 \cdot 6 = 36$.

Соотношение напряжений в трехфазной и петлевой обмотках будет иное, чем в случае последовательной обмотки постоянного тока, так как петлевая обмотка при четырех полюсах имеет четыре ветви, а не две.

Фазовое напряжение в самостоятельной трехфазной обмотке при том же числе проводников, что и в обмотке постоянного тока, будет в данном случае не

$$110 \cdot 0{,}613 = 67, \text{ а}$$

$$2 \cdot 110 \cdot 0{,}613 = 134 \ в,$$

а при соединении фаз Y (звездой)

$$134 \cdot 1{,}73 = 230 \ в.$$

Таким образом, чтобы получить 230 *в* (допущен запас 10 *в*), надо количество витков в секциях обмотки трехфазного тока сделать равным числу витков в секциях обмотки постоянного тока.

Схема обмотки показана на фиг. 212.

В первой фазе имеется 10 секций, а в остальных по 9, как в обмотке на 27 пазов.

Десять секций для первой фазы делают по 14 проводников, а остальные 18 секций по 16 проводников.

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

ИСПЫТАНИЕ МАШИН ПОСЛЕ РЕМОНТА

71. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Испытание машин постоянного тока следует производить по возможности при полной нагрузке и при таком режиме работы, при котором ей предстоит работать. Так, например, динамомашину надо испытывать не в качестве мотора, а именно как динамо, так как некоторые недостатки, например, искрение, прогибание вала, нагрев подшипников и т. п., могут быть скорее выявлены при более быстром вращении. Не исключаются также случаи, когда машина, как мотор, исправна, но не возбуждается при пуске в качестве динамо.

Кроме того, при испытании надо принимать во внимание особые условия работы некоторых машин, как-то: перегрузку или толчкообразную нагрузку, например, у моторов, приводящих в движение поршневые насосы, и т. п.

Пример 1. Испытание динамомашины 240 *в*, 80 *а*.

Потребная для этого мощность мотора должна быть не менее

$$\frac{240 \cdot 80}{\eta} = \frac{240 \cdot 80}{0{,}85} = 23{,}5 \ квт,$$

где 0,85 — коэфициент полезного действия.

Подобрав соответствующие шкивы и укрепив динамо и мотор на плите, пускают в ход агрегат сначала вхолостую, чтобы дать возможность пришлифоваться щеткам и подшипникам. Затем постепенно загружают машину, пользуясь для этого жидкостным реостатом (фиг. 213).

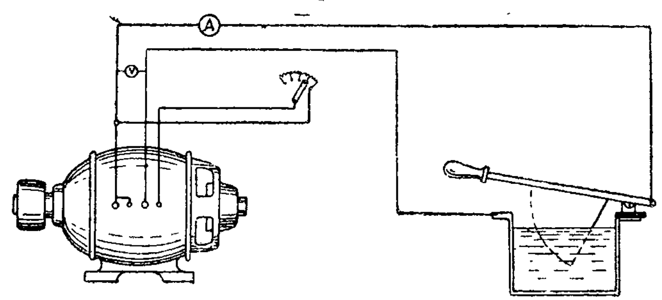
Если динамо не возбуждается, то надо пересоединить выводные концы шунтовых подушек на зажимах машины, т. е. поменять их местами.

После того как повышение температуры обмоток прекратится, сравнивают полученные температуры с табл. 9.

Пример 2. Испытание электродвигателя постоянного тока.

При наличии постоянного тока пускают машину в качестве двигателя. Для нагрузки соединяют его ременной передачей с динамомашиной соответствующей мощности. При отсутствии динамомашины дают нагрузку на шкив, устраивая искусственное торможение. Но такое испытание не может длиться более 1—2 мин., так как трение шкива вызывает сильное его нагревание, поэтому двигателю надо дать перегрузку примерно на 50%.

Такое примитивное испытание дает возможность обнаружить плохую пропайку петушков, плохие контакты в соединениях, неправильную полярность дополнительных полюсов, неправильное положение щеток и т. п.



Фиг. 213. Нагрузка динамомашины при испытании.

При отсутствии постоянного тока мотор испытывают в качестве динамо, как в предыдущем примере. Такое испытание, конечно, более надежно. В условиях ремонтных мастерских не всегда возможно бывает испытать машину на полную мощность. В таких случаях для того, чтобы хотя до некоторой степени судить об исправности машины, производят испытание с максимальным использованием тех возможностей, какие имеются.

Пример 3. Испытанию подлежит динамомашина 240 *в*, 100 *квт*, в то время как мастерская имеет мотор трехфазного тока мощностью только 25 *квт*.

Испытывают машину сперва при нормальном числе оборотов и, убедившись, что машина возбуждается легко, повышают постепенно обороты и напряжение процентов на 30—50 против нормальных.

После этого делают испытание на нагрузку, но уже при пониженном напряжении. Для этого дают машине постороннее возбуждение и малые обороты и перегружают машину током, выясняя качество пропайки петушков и надежность контактов в соединениях (нагрев плохо пропаянных петушков может быть определен наощупь).

72. ИСПЫТАНИЕ МОТОРОВ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

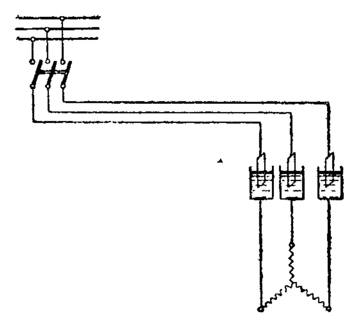
Моторы трехфазного тока после ремонта обычно испытываются без нагрузки, так как недостатки в большинстве случаев обнаруживаются при пуске вхолостую.

Так, например, если до ремонта ротор задевал за статорное железо и зашлифовал его, то это место быстро нагревается независимо от нагрузки. Гудение мотора, которое бывает от несимметричного магнитного поля или обмотки (неодинаковое количество витков в пазах) и т. п., легко обнаруживается при работе вхолостую.

Некоторое затруднение представляет пуск короткозамкнутых моторов большой мощности, когда предохранители не выдерживают пусковых бросков тока.

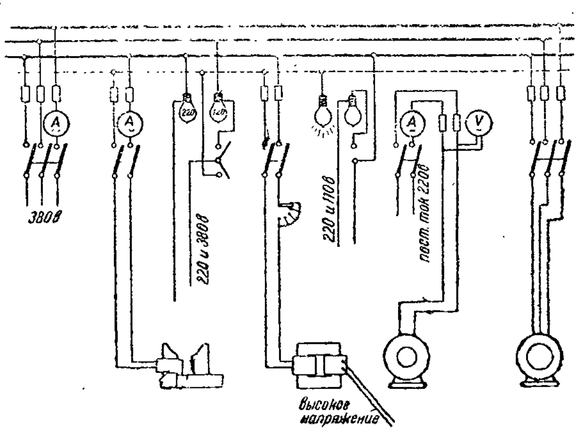
В таких случаях рекомендуется применять один из следующих способов.

Первый способ. Перед включением мотора последний должен быть предварительно приведен во вращение (небольшие обороты). Но, для того чтобы узнать, в какую сторону вращать его, нужно на момент включить рубильник, поставив слабые предохранители. Предохранители хотя и перегорят, но ротор все-таки сделает несколько оборотов, указав направление вращения.



Фиг. 214. Понижение напряжения в статорной обмотке короткозамкнутого мотора при пуске.

Второй способ. Понижают линейное напряжение, подводимое к статору, включая одинаковые сопротивления в каждую фазу и постепенно выводя их по мере увеличения скорости.



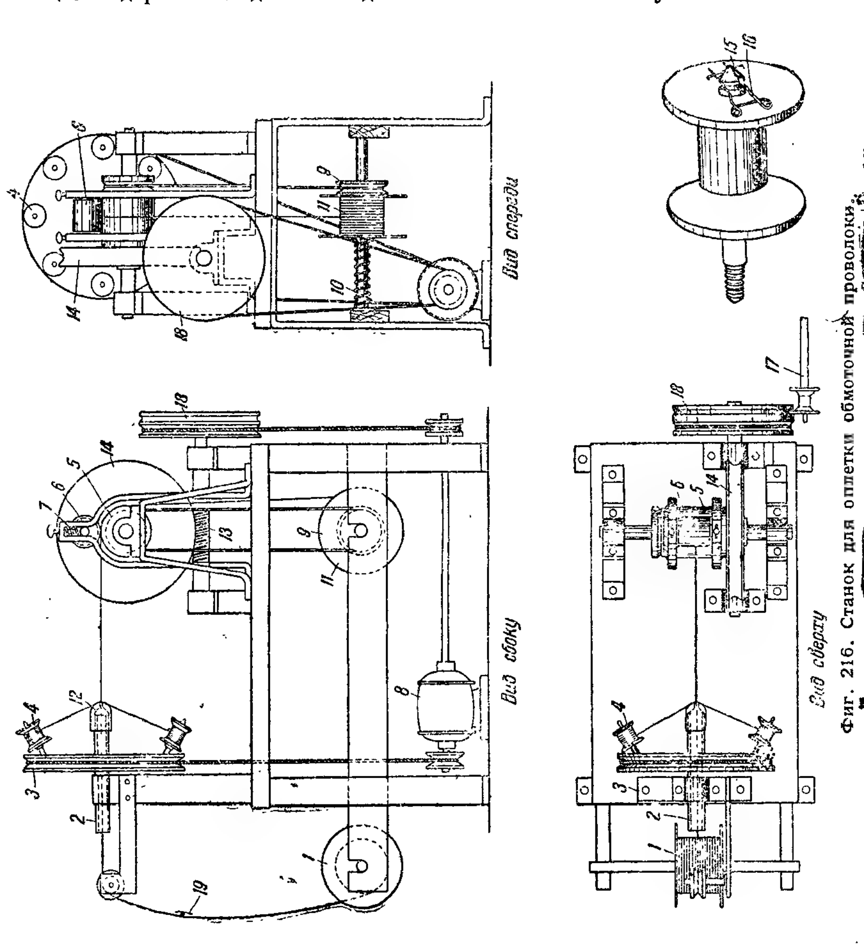
Фиг. 215. Примерная схема испытательного щита.

В качестве сопротивления можно применить три изолированных друг от друга сосуда, наполненные подкисленной водой, в которые одновременно погружаются три пластины, как показано на фиг. 214. На фиг. 215 показана примерная схема испытательного щита с указанием приборов, необходимых для ремонтной мастерской.

СТАНОК ДЛЯ ОПЛЕТКИ ОБМОТОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

Для использования проволоки с обуглившейся хлопчатобумажной оплеткой необходимо иметь станок для оплетки. На фиг. 216 изображен станок, который легко может быть сделан в любой механической мастерской.

Действие станка. Голая проволока, намотанная предварительно на катушку *1*, проходит сквозь пустотелую ось *2*, на которой свободно вращается деревянный диск *3*. На диске имеется несколько катушек с нитками *4*.

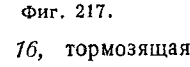


Фиг. 216. Станок для оплетки обмоточной проволоки:

При вращении диска нитки сматываются с катушек, скользя по колпачку *12*, и укладываются рядом друг за другом на проволоку при продвижении последней. Проволока идет равномерно благодаря вращению нижнего ролика *5* и катящегося по нему ролика *6*, который давлением пружины *7* нажимает на нижний ролик. Нижний ролик получает медленное вращение от мотора *8* посредством ременной и червячной передачи.

На ролике *5* имеется канавка для круглого ремня, который вращает шкив *9*. К шкиву плотно прилегает благодаря пружине *10* катушка *11*. Оплетенная проволока, пройдя через ролики, наматывается на эту катушку с некоторой натяжкой.

При большой потребности в проволоке производительность станка можно увеличить, применив оплетку сразу двух или трех проволок. Сделанный автором по этому принципу станок имеет три диска с катушками. Три проволоки одновременно протягиваются посредством трех пар роликов. Нижние ролики (ведущие) насажены на один общий валик. Все шкивы, диски и нижние ролики — деревянные. Червячная передача состоит из стального каленого винта *13* с обыкновенной резьбой и деревянного колеса *14* с желобком, в котором нарезка образовалась в процессе работы станка[1].



Фиг. 217.

Диаметр винта 25 *мм*. Число ниток на 1″ 12. Число оборотов винта 380 в минуту. Диаметр червячного колеса 280 *мм*. Диаметр нижних ведущих роликов 125 *мм*.

При этих данных подача одной проволоки 25 метров в час.

Скорость вращения дисков *3* от 250 до 300 об/мин в зависимости от толщины ниток и желаемой толщины оплетки. На каждом диске установлено по 10 катушек.

Пальцы, на которые насажены катушки с нитками, на конце имеют канавку *15*. В эту канавку входит прикрепленная к катушке пружинка *16*, тормозящая катушку и создающая необходимое натяжение нитки.

Нитки, приобретенные в виде мотков, перематываются на катушки на этом же станке, не прекращая рабочего процесса станка. Для этого катушку надевают на оправку *17* и, приложив ее к шкиву *18*, заставляют ее вращаться.

Проволока, поступающая в оплетку, имеет спайки *19* (якорная проволока состоит из коротких концов). Ввиду этого не исключается возможность задержки в движении проволоки, как в катушке *1*, так и в роликах, причем при останове проволоки изоляция на ней сдирается роликами.

Для того чтобы задержка в продвижении проволоки была своевременно замечена, рекомендуется применить сигнализацию (фиг. 217). В тот момент, когда проволока почему-либо остановится, изоляция на проволоке обдирается и создается контакт между роликом *6* и оголенной проволокой.

Таким образом замыкается и электрическая цепь, и звонок, включенный между осями роликов *7* и *6*, начинает звенеть. Применение сигнализации освобождает от необходимости в непрерывном наблюдении за работой станка. Мощность электромотора для станка на три проволоки не более 0,3 *л. с.*

---

[1] Нарезка на винте и деревянном (сосновом) колесе устойчива; станок работает $1^1/_2$ года.

ТАБЛИЦА 1

СОПРОТИВЛЕНИЕ И ВЕС МЕДНЫХ ПРОВОДОВ ПРИ 20° С

Диаметр *мм*	Поперечное сечение *мм*²	Вес в *кг* на 1 *км*	Сопротивление в *ом* на 1 *км*	Длина в *м* на 1 *кг*	Длина в *м* на 1 *ом*
0,05	0,00196	0,0175	8 913	57 140	0,1122
0,06	0,00283	0,0252	6 189	39 680	0,1616
0,07	0,00385	0,0343	4 547	29 150	0,2199
0,08	0,00503	0,0448	3 482	22 320	0,2872
0,09	0,00636	0,0567	2 751	17 637	0,3635
0,10	0,00785	0,0700	2 228	14 286	0,4488
0,12	0,0113	0,1008	1 547,3	9 921	0,6463
0,14	0,0154	0,1372	1 136,8	7 289	0,8797
0,15	0,0177	0,1575	990,3	6 349	1,0098
0,16	0,0201	0,1792	870,4	5 580	1,1489
0,18	0,0254	0,2268	687,7	4 409	1,4541
0,20	0,0314	0,2800	557,0	3 571	1,7952
0,22	0,0380	0,3388	464,4	2 952	2,172
0,24	0,0452	0,4032	386,8	2 480	2,585
0,25	0,0491	0,4375	356,5	2 286	2,805
0,26	0,0531	0,4732	329,6	2 113	3,034
0,28	0,0616	0,5488	284,2	1 822,2	3,519
0,30	0,0707	0,6300	247,6	1 587,3	4,039
0,32	0,0804	0,7168	217,6	1 395,1	4,596
0,34	0,0908	0,8092	192,75	1 235,8	5,188
0,35	0,0962	0,8575	181,89	1 166,2	5,498
0,36	0,1018	0,9072	171,92	1 102,3	5,817
0,38	0,1134	1,0108	154,31	989,3	6,481
0,40	0,1257	1,1200	139,26	892,9	7,181
0,42	0,1385	1,2348	126,32	809,9	7,917
0,44	0,1521	1,3552	115,10	737,9	8,689
0,45	0,1590	1,4175	110,04	705,5	9,088
0,46	0,1662	1,4812	105,30	675,1	9,497
0,48	0,1810	1,6128	96,71	620,1	10,341
0,50	0,1963	1,7500	89,13	571,4	11,220
0,52	0,2124	1,893	82,40	528,3	12,135
0,54	0,2290	2,041	76,41	489,9	13,087
0,55	0,2376	2,118	73,66	472,3	13,576
0,56	0,2463	2,195	71,05	455,5	14,074
0,58	0,2642	2,355	66,24	424,7	15,098
0,60	0,2827	2,520	61,89	396,8	16,157
0,62	0,3019	2,691	57,96	371,6	17,252
0,64	0,3217	2,867	54,40	348,8	18,383
0,65	0,3318	2,957	52,74	338,1	18,96
0,66	0,3421	3,049	51,15	328,0	19,55
0,68	0,3632	3,237	48,19	308,9	20,75

Диаметр *мм*	Поперечное сечение *мм*²	Вес в *кг* на 1 *км*	Сопротивление в *ом* на 1 *км*	Длина в *м* на 1 *кг*	Длина в *м* на 1 *ом*
0,70	0,3848	3,430	45,47	291,5	21,99
0,72	0,4072	3,629	42,98	275,6	23,27
0,74	0,4301	3,833	40,69	260,9	24,58
0,75	0,4418	3,937	39,61	254,0	25,25
0,76	0,4536	4,043	38,58	247,3	25,92
0,78	0,4778	4,259	36,62	234,8	27,31
0,80	0,5027	4,480	34,82	223,2	28,72
0,82	0,5281	4,707	33,14	212,5	30,18
0,84	0,5542	4,939	31,58	202,5	31,67
0,85	0,5675	5,057	30,84	197,73	32,42
0,86	0,5809	5,177	30,13	193,16	33,19
0,88	0,6082	5,421	28,77	184,48	34,76
0,90	0,6362	5,670	27,51	176,37	36,35
0,92	0,6648	5,925	26,33	168,78	37,99
0,94	0,6940	6,185	25,22	161,88	39,66
0,95	0,7088	6,317	24,69	158,36	40,50
0,96	0,7238	6,451	24,18	155,01	41,36
0,98	0,7543	6,723	23,20	148,75	43,10
1,00	0,7854	7,000	22,28	142,86	44,88
1,05	0,8659	7,717	20,210	129,58	49,48
1,10	0,9503	8,470	18,415	118,06	54,31
1,15	1,0387	9,257	16,848	108,02	59,35
1,20	1,1310	10,080	15,473	99,21	64,63
1,25	1,2272	10,937	14,260	91,43	70,13
1,30	1,3273	11,830	13,185	84,53	75,85
1,35	1,4314	12,757	12,226	78,39	81,79
1,40	1,5394	13,720	11,368	72,89	87,97
1,45	1,6513	14,717	10,598	67,95	94,36
1,50	1,7671	15,750	9,903	63,49	100,98
1,55	1,8869	16,817	9,275	59,46	107,82
1,60	2,0106	17,92	8,704	55,80	114,89
1,65	2,138	19,06	8,184	52,47	122,18
1,70	2,270	20,23	7,710	49,43	129,70
1,75	2,405	21,44	7,276	46,[illegible]	137,44
1,80	2,545	22,68	6,877	44,09	145,41
1,85	2,688	23,96	6,510	41,74	153,60
1,90	2,835	25,27	6,172	39,57	162,02
1,95	2,986	26,62	5,860	37,57	170,66

Диаметр *мм*	Поперечное сечение *мм*²	Вес в *кг* на 1 *км*	Сопротивление в *ом* на 1 *км*	Длина в *м* на 1 *кг*	Длина в *м* на 1 *ом*
2,00	3,142	28,00	5,570	35,71	179,52
2,1	3,464	30,87	5,053	32,39	197,9
2,2	3,801	33,88	4,604	29,52	21[illegible]
2,3	4,155	37,03	4,212	27,01	23[illegible],4
2,4	4,524	40,32	3,868	24,80	25[illegible]
2,5	4,909	43,75	3,565	22,86	28[illegible]
2,6	5,309	47,32	3,296	21,13	30[illegible]
2,7	5,726	51,03	3,056	19,596	32[illegible]
2,8	6,158	54,88	2,842	18,222	35[illegible]
2,9	6,605	58,87	2,649	16,986	37[illegible]
3,0	7,069	63,00	2,476	15,873	40[illegible]
3,1	7,548	67,27	2,319	14,865	43[illegible]
3,2	8,042	71,68	2,176	13,951	45[illegible]
3,3	8,553	76,23	2,046	13,118	48[illegible]
3,4	9,079	80,92	1,9275	12,358	51[illegible]
3,5	9,621	85,75	1,8189	11,662	54[illegible]
3,6	10,179	90,72	1,7192	11,023	58[illegible]
3,7	10,752	95,83	1,6276	10,435	61[illegible]
3,8	11,341	101,08	1,5431	9,893	643[illegible]
3,9	11,946	106,47	1,4649	9,392	682[illegible]
4,0	12,566	112,00	1,3926	8,929	71[illegible],1
4,1	13,203	117,67	1,3254	8,498	75[illegible],5
4,2	13,854	123,48	1,2632	8,099	79[illegible],7
4,3	14,522	129,43	1,2051	7,726	82[illegible],8
4,4	15,205	135,52	1,1510	7,379	868,9
4,5	15,904	141,75	1,1004	7,055	90[illegible],8
4,6	16,619	148,12	1,0530	6,751	949,7
4,7	17,349	154,63	1,0087	6,467	991,4
4,8	18,096	161,28	0,9671	6,200	1 034[illegible]
4,9	18,857	168,07	0,9280	5,950	1 077,5
5,0	19,635	175,00	0,8913	5,714	1 122

Заимствовано из справочной книги для электротехников (СЭТ), т I.

ТАБЛИЦА 2

ДОПУСКАЕМАЯ СИЛА ТОКА ДЛЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ МЕДНЫХ ПРОВОДОВ (ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ НАГРУЗКИ)

Сечение в *мм²*	Наибольшая сила тока в *а*	Номинальная сила тока предохранителя	Сечение в *мм²*	Наибольшая сила тока в *а*	Номинальная сила тока предохранителя
0,75	9	6	35	125	100
1	11	6	50	160	125
1,5	14	10	70	200	160
2,5	20	15	95	240	190
4	25	20	120	280	225
6	31	25	150	325	260
10	43	35	185	380	300
16	75	60	240	450	360
25	100	80	310	540	430

Из „справочной книги электромонтера".

ТАБЛИЦА 3

ДОПУСКАЕМАЯ СИЛА ТОКА ДЛЯ ГОЛЫХ МЕДНЫХ ПРОВОДОВ В ПОМЕЩЕНИИ И НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ

Сечение *мм²*	В закрытом помещении *а*	На открытом воздухе *а*	Сечение *мм²*	В закрытом помещении *а*	На открытом воздухе *а*
4	30	46	25	86	162
6	38	60	35	105	206
10	50	86	50	131	266
16	66	118	70	162	340
			95	196	420

Из „справочной книги электромонтера".

ТАБЛИЦА 4

НАИМЕНЬШИЕ ДОПУСТИМЫЕ СЕЧЕНИЯ МЕДНЫХ ПРОВОДОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ

Род проводки	Допустимые сечения *мм²*
а) Для проводки внутри и снаружи осветительных арматур	0,5
б) Для изолированных проводов при прокладке в трубах или на роликах	1
в) Для шнуров	0,75
г) Для голых проводов в зданиях, равно как и для изолированных в зданиях и на открытом воздухе, места прикрепления которых отстоят одно от другого больше чем на 1 *м*	4
д) Для воздушных линий низкого напряжения	6
е) Для воздушных линий высокого напряжения	10

Из „справочной книги электромонтера".

ТАБЛИЦА 5

ПРОВОЛОКА ДЛЯ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Плавится при токе *а*	Свинец диаметр *мм*	Медь красная диаметр *мм*	Плавится при токе *а*	Свинец диаметр *мм*	Медь красная диаметр *мм*
1	0,21	0,05	60	2,84	0,83
2	0,33	0,09	70	3,48	0,92
3	0,43	0,11	80	3,81	1
4	0,52	0,14	90	4,12	1,08
5	0,60	0,16	100	4,42	1,16
10	0,95	0,25	120	4,99	1,31
15	1,25	0,33	140	5,53	1,45
20	1,51	0,40	160	6,04	1,59
25	1,75	0,46	180	6,54	1,72
30	1,98	0,52	200	7,01	1,84
40	2,40	0,63	250	8,14	2,14
50	2,78	0,73			

Таблица заимствована из „Справочной книги электромонтера".

ТАБЛИЦА 6

НАГРУЗКИ ТОКОМ НИКЕЛИНОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ПУСКОВЫХ И ШУНТОВЫХ РЕОСТАТОВ

Диаметр *мм*	Поперечное сечение *мм*	Сопротивление 1 *м* *ом*	Максимальная нагрузка *а*		Вес 100 *м* в *кг*
			пускового реостата	шунтового реостата	
0,35	0,096	4,2	1,8	0,80	0,084
0,4	0,126	3,2	2,5	0,90	0,110
0,5	0,196	2	3,6	1,30	0,172
0,6	0,283	I,4	4,7	1,75	0,248
0,7	0,385	1	6	2,25	0,337
0,8	0,563	0,82	7,2	2,75	0,440
0,9	0,636	0,63	8,5	3,25	0,557
1	0,785	0,52	10	3,75	0,688
1,13	1	0,4	11,5	3,8	0,879
1,2	1,131	0,36	13,2	5	0,991
1,3	1,327	0,30	15	5,5	1,163
1,4	1,539	0,26	17	6	1,349
1,5	1,767	0,23	18,4	6,5	1,548
1,6	2,001	0,20	20,5	7,5	1,762
1,7	2,270	0,18	22,2	8,3	1,989
1,8	2,545	0,16	24,2	9	2,230
1,9	2,835	0,14	26	9,8	2,484
2	3,142	0,13	28	10,5	2,753
2,5	4,909	0,090	40	13	4,300
3	7,07	0,060	53		6,200

ТАБЛИЦА 7

ШАГИ ОБМОТОК ДЛЯ ЯКОРЕЙ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНЫХ МАШИН

Число пазов в якоре	Число пластин в коллекторе	Шаг по якорю	Шаг по коллектору	Примечание
14	27	3 (1—4)	13 (1—14)	Одна секция вырезается
23	69	6 (1—7)	34 (1—35)	
27	81	7	40	
29	87	7	43	
29	145	7	72	
31	93	8	46	
31	123	8	61	Одна секция вырезается
33	99	8	49	
33	131	8	65	Одна секция вырезается
35	105	9	52	
37	111	9	55	
39	117	10	58	
41	163	10	81	Одна секция вырезается
45	135	11	67	
47	141	12	70	

Таблица составлена путем подсчета и проверена на практике.

ТАБЛИЦА 8

Сорт щетки	Плотность тока в *а* на *см*²	Область применения
Медные пластины	20—30	Машины очень малого напряжения
Медные щетки с графитовыми прокладками	20	
Бронзографитовые	25—30	Машины до 6 *в*
Меднографитовые	20	Машины от 6 до 20 *в*
Высокографитированные мягкие угольные щетки	10—15	Быстроходные машины на 110 *в*
Электрографитированные угольные щетки:		
мягкие	10—12	Машины 110 *в*
средние	8	120 и 220 *в*
твердые	4—5	Для напряжения 550 *в* и более

Таблица 9 (cut off)

НАИБОЛЬШИЕ НАБЛЮДАЕМЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И НАИБОЛЬШИЕ ПРЕВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ЧАСТЕЙ МАШИН ДЛЯ РАБОТЫ В МЕСТАХ, ГДЕ ТЕМПЕРАТУРА ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СРЕДЫ НЕ ПРЕВОСХОДИТ 35° С ДЛЯ ВОЗДУХА И 25° С ДЛЯ ВОДЫ

	Класс изоляции	Наименование частей машин или род обмотки	Наибольшие наблюдаемые температуры в °С	Наибольшие превышения температуры в °С	Метод измерения температуры
1	Класс О, т. е. не пропитанные и непогруженные в масло волокнистые материалы (хлопчатобумажная пряжа, ткань, натуральный шелк, бумага и т. п. органические вещества)	Все обмотки на вращающихся и неподвижных частях машины за исключением пп. 5, 6 и 7	80	45	Метод сопротивления с проверкой по методу термометра
2	Класс А, т. е, пропитанные или погруженные в масло волокнистые материалы (как и выше) и эмалированные лаки	То же	95	60	
3	Класс В, т. е. препараты из слюды, асбеста и тому подобных материалов минерального происхождения со связующими веществами	То же	115	80	
4	Класс С, т. е. слюда без связующих материалов, фарфор, стекло, кварц, и тому подобные материалы	То же	Ограничены таким нагревом, при котором температура соседних частей не превосходит допускаемых для этих частей пределов		
5	Класс изоляции О, А, В	Изолированные, постоянно замкнутые накоротко обмотки	На 5° выше, чем в пп. 1, 2, 3		Метод термометра
6	Без изоляции	Постоянно замкнутые накоротко обмотки	Как в п. 4		

7	Все классы, т. е. O, A, B, C	Однородные обмотки возбуждения с голой неизолированной поверхностью	На 5° выше, чем в пп. 1, 2, 3		Как в п. 1—4
8		Листовая сталь, соприкасающаяся с обмотками	Как в п. 4		Метод термометра
9		Литая сталь с уложенными в ней обмотками	Как в пп. 1, 2, 3 и 4		Метод термометра
10		Коллектор и контактные кольца	95	60	Метод термометра
11		Подшипники	80	45	Метод термометра
12		Все другие части	Как в п.4		Метод термометра

ТАБЛИЦА 10

СИЛА ТОКА ВОЗБУЖДЕНИЯ У ШУНТОВЫХ МАШИН

Мощность машины в *квт*	Сила шунтового тока в % от якорного тока	Мощность машины в *квт*	Сила шунтового тока в % от якорного тока
0,5 до 1	20 до 10	6 до 10	5 до 3
1 „ 2	10 „ 8	10 „ 100	3 „ 2
2 „ 6	8 „ 5	100 „ 1 000	2 „ 1

Чечет, Расчет машин постоянного тока.

Сдано в производство 26/I 1938 г.
Подписано к печати 26/IV 1938 г.
Формат бумаги 84×108/32.
Колич. печ. листов 8 1/2.
Учетно-авторских листов 9,3.
Колич. бум. листов 2 1/8.

Колич. п. зн. в 1 бум. листе 175056.
Авторских листов 8,42.
Энергоредакция № 110.
Заказ № 75.
Тираж 15000. Учетный № 7560.
Уполномоч. Главлита № Б 42550.

Отпечатано на бумаге Окуловской фабрики

4-я тип. ОНТИ НКТП СССР «Красный Печатник»,
Ленинград, Международный пр., 75а.